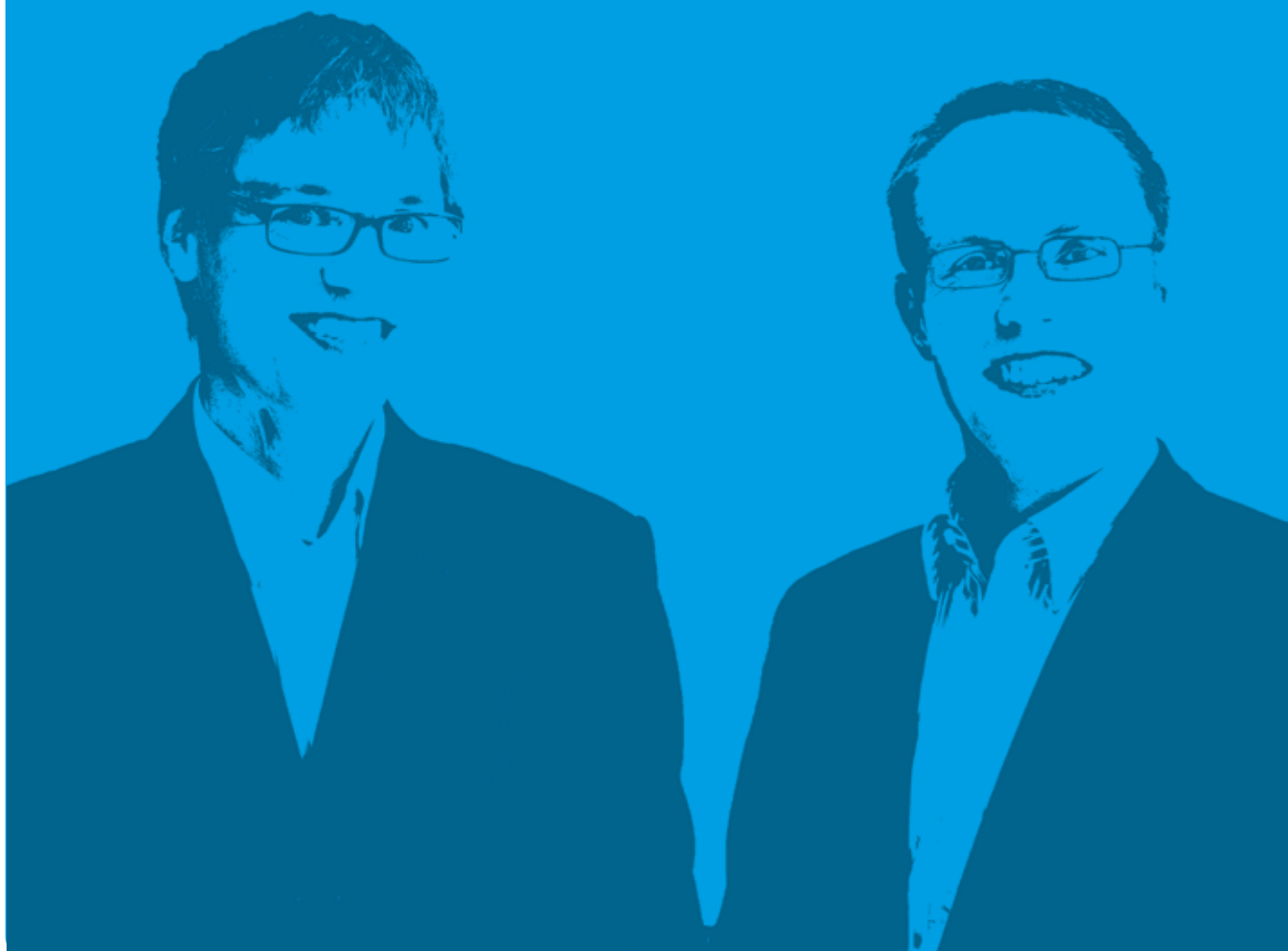




forum

2016

Das Forschungsmagazin der Hochschule Konstanz



Aus der Forschung

Digitalisierung:
Die ersten zehn Prozent
„RELOAD“: Verringerung von
Nachernteverlusten

Fachartikel

R-Beton: Rezylierte Gesteinskörnungen
Fehlerkorrektur für Flash-Speicher
Wertschöpfungstiefe und
Unternehmenserfolg

Übersichten

Expertenprofile
Projekte
Institute
Studienangebot



Vorwort

Prof. Dr.-Ing. Oliver Haase, Vizepräsident Forschung

Auch in diesem Jahr stellen einige der Forscherinnen und Forscher der HTWG mit ihren Beiträgen in dieser Ausgabe des FORUM einen Ausschnitt aus ihren Forschungsaktivitäten vor. Die Vielfalt an Forschungsthemen, die sich in den Forschungsschwerpunkten der Hochschule wiederfinden, zeigen, dass anwendungsorientierte Forschung gleichbedeutend ist mit dem Erkennen, Analysieren und Lösen von komplexen Problemen. Ein Beispiel dafür bietet das Forschungsprojekt „Reload“ am Institut für angewandte Thermo- und Fluidodynamik (IATF), dessen Ziel die Verringerung von Nachernteverlusten in Ostafrika ist, ein weiteres sind die Projekte am Institut für Corporate Governance (KICG). Zu beiden finden Sie Artikel in dieser Ausgabe.

Die Hochschule hat dieses Jahr einige Anstrengungen unternommen, um die Themen Digitalisierung und Industrie 4.0 an der HTWG strategisch zu verankern. Es zeigt sich, dass Forschung, Lehre, Weiterbildung und Transfer eine Einheit bilden und einander ergänzen. Zwei neue Einrichtungen der Hochschule ermöglichen und zeigen dies exemplarisch: die Modellfabrik Bodensee Industrie 4.0, die in diesem Heft vorgestellt wird, und das Open Innovation Lab (OIL), das mit einem überzeugenden Konzept zum forschenden Lernen dieses Jahr eine Förderungszusage zur Ausschreibung „Wissenschaft lernen und lehren“ des MWK erhalten hat, sind zwei Einrichtungen, in denen Lehre, Forschung und Wissenstransfer stattfinden. Beide Einrichtungen sind nicht nur innovativ, sie zielen auf ein innovationsorientiertes Lernen und Forschen und interdisziplinäres Denken ab und begegnen damit den Anforderungen an eine digitale Arbeitswelt. Auch erhielt die HTWG den Zuschlag für eines von drei IBH-Labs, ein Forschungs- und Innovationsnetzwerk, das von Interreg-V-Alpenrhein-Bodensee, der Internationalen Bodensee-hochschule (IBH) und der Internationalen Bodensee Konferenz (IBK) gefördert wird: innerhalb des IBH-Labs „KMU Digital“ unter der Gesamtprojektleitung der HTWG werden mehrere Projekte in Kooperation mit Hochschulen in der Vierländer-

region durchgeführt werden. Auch an den beiden anderen IBH-Labs „Seamless Learning“ und „Active Assisted Living“ sind Forscher der HTWG beteiligt. Daher fokussieren die Beiträge aus dem Forschungsreferat dieses Jahr dieses Thema. Auch die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses bleibt hoch, beinahe 50 Doktorandinnen und Doktoranden werden an der HTWG in kooperativen Promotionen betreut. Zu dreien der laufenden oder 2016 beendeten Promotionen finden Sie in diesem Heft Kurzbeschreibungen.

Aktivitäten zur Gründungsunterstützung wurden dieses Jahr wieder verstärkt. So können gleich zwei Förderungen aus dem Exist-Programm des BMWI in Form von Stipendien für zwei Studierendengruppen vermeldet werden. Auch wurde ein Projektantrag aus der Förderlinie „Gründungskultur in Studium und Lehre“, den die HTWG gemeinsam mit der Universität Konstanz (Projektleitung) eingereicht hatte, positiv beschieden.

In der Zusammenschau können wir feststellen: Forschung, Lehre, Weiterbildung und der Transfer von Wissen und Technologien bilden eine einander förderliche Kombination und können nicht als voneinander getrennte Aufgaben einer Hochschule verstanden werden. Auch die Vernetzung und Kooperation zwischen Hochschulen, Wirtschaft und Gesellschaft führt zu nützlichen Ergebnissen, da die Entwicklungen, Veränderungen und Herausforderungen unserer Zeit, die Alle betreffen, am besten in der Bündelung der verschiedenen Perspektiven und Kompetenzen gemeistert werden können.

Mein herzlicher Dank gilt Allen, die mit ihrem hohen Einsatz in Forschung und Transfer Probleme erkennen und lösen helfen.

November 2016



Impressum

Herausgeber: Hochschule Konstanz Wirtschaft, Technik und Gestaltung
Vizepräsident Forschung, Prof. Dr.-Ing. Oliver Haase (v.i.S.d.LPrG.)
www.htwg-konstanz.de ©Hochschule Konstanz

Redaktion: Dipl.-Ing. FH Andreas Burger MBA, Referent für Forschung & Entwicklung, Géraldine Kortmann M.A., Forschungsreferentin, Miriam Pfister, Isabel Zaiss

Fotos: Andrea Grützner/Johanna Höfer (S. 77, 79, 82, 84, 97, 98),
Jespah Holthof (S. 3, 4, 68, 72, 75, 86, 89, 92), KICG (S. 15),
Géraldine Kortmann (S. 8, 12, 48), C. Yuhki Oka/BZI 4.0 (S. 20, 21, 22),
Patrick Pfeiffer (S. 6), Benjamin Troll/ Alexander Selbach (S. 69)

Titelbild: Initiatoren der Modellfabrik Bodensee Industrie 4.0,
Prof. Dr. Marcus Kurth und Prof. Dr. Carsten Schleyer

Anschrift: HTWG FORUM, Hochschule Konstanz, Brauneggerstraße 55,
D-78462 Konstanz, Tel. +49 (0)7531 206-325, burger@htwg-konstanz.de

Satz und Anzeigenverwaltung: Hohentwiel Verlag & Internet GmbH,
Werner-von-Siemens-Str. 22, D-78224 Singen, Tel. +49 (0)7731 838-0,
www.hohentwielverlag.de, info@hohentwielverlag.de

Druck und Weiterverarbeitung: KESSLER Druck + Medien GmbH &
Co. KG, Michael-Schäffer-Str. 1, D-86399 Bobingen,
gedruckte Auflage: 5.000 Exemplare, ISSN 1619-9812,
Ausgabe 2016; Internetausgabe: ISSN 1611-3748

Forschung an der HTWG

Vorwort des Vizepräsidenten Forschung

Oliver Haase

3

Die ersten zehn Prozent

Ulrich Hutschek

6

Verringerung von Nachernteverlusten – ein internationales Forschungsprojekt

Katrin Jödicke, Werner Hofacker

8

Das Konstanz Institut für Corporate Governance – KICG

Géraldine Kortmann

14

Die Modellfabrik Bodensee Industrie 4.0 der HTWG

Géraldine Kortmann

20

Fachartikel

Schicksal der Freybrücke – Ein Baudenkmal wurde entsorgt

Cengiz Dicleli

24

Hochwertiger Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen

Sylvia Stürmer

32

Potenzielle Wassernutzungskonkurrenzen bei Niedrigwasser – Eine Stakeholder-Analyse an zwei Flüssen in Baden-Württemberg

Benno Rothstein, Florian Zeitler

38

3-Stufen-Pulswechselrichter – EMV- und Effizienzvergleich

Manfred Gekeler, Gunter Voigt

42

Datenkompression und Fehlerkorrektur für Flash-Speicher

Jürgen Freudenberger, Mohammed Rajab

48

Systemdynamisch optimierter Zweischeibentribometer:

Funktionen und Anwendung

Marco Werschler, Paul Gümpel, Fabian Dittrich,

Konstantin Werner

52

Wertschöpfungstiefe und Unternehmenserfolg

Michael Hadamitzky, Aaron Brunsch

58

Experten und Projekte

Studienangebot

64

Forschungsinstitute der HTWG

65

Expertenprofile

66

Forschungsprojekte

84

Laufende und abgeschlossene Promotionsprojekte

100



Ulrich Hutschek

ist Leiter des Bodenseezentrums Innovation 4.0 und Koordinator für Innovationspartnerschaften an der HTWG. Er promoviert zu Open Innovation und Entrepreneurship.

Die ersten zehn Prozent

Ulrich Hutschek

Die vierte industrielle Revolution birgt große Potenziale für Unternehmen, stellt sie jedoch auch vor große Herausforderungen. Das Bodenseezentrum Innovation 4.0 an der Hochschule Konstanz unterstützt die Unternehmen in der Vierländerregion bei der Bewältigung der ersten Schritte auf dem Weg in die digitale Welt.

Die Digitalisierung der Wirtschaft ist in vollem Gange. In Deutschland insbesondere unter dem Begriff Industrie 4.0 bekannt, wird sie nach Mechanisierung, Massenfertigung und Automatisierung als vierte industrielle Revolution betrachtet.

Im Kern handelt es sich bei Industrie 4.0 um sogenannte Internet-der-Dinge-Technologien: Maschinen und Geräte können durch die Integration von Sensoren und Sendern Informationen erfassen und diese weitergeben, zum Beispiel an eine Kontrollinstanz oder mittels Cloud Computing an andere Geräte. Wenn zu den Sensoren noch Aktuatoren hinzukommen und die Maschine auf Basis empfangener Informationen Aktionen ausführen kann, spricht man von Cyberphysischen Systemen.

In der Praxis können Unternehmen von Industrie 4.0 auf vielen Ebenen profitieren: Abgesehen von der Möglichkeit, Maschinen effizienter zu steuern, ermöglicht Industrie 4.0 in der Produktion auch die gleichzeitige Umsetzung von Massen- und Einzelfertigung, jedes Teil kann seinen „Bearbeitungswunsch“ an eine Maschine selbst mitbringen. Adidas nutzt genau diese Überwindung des früheren Gegensatzes und fertigt individualisierte Laufschuhe auf ebensolchen Anlagen.

Auf der Geschäftsprozessebene lassen sich durch die in großer Anzahl vorliegenden feingranularen Daten Abläufe besser analysieren und beispielsweise Logistikprozesse optimieren oder auch Produkte besser auf konkrete Anwendungsfälle hin optimieren. So ermöglichen die Daten auch neue Geschäftsmodelle: Rolls-Royce beispielsweise verkauft seine Flugzeugtriebwerke nicht mehr an die Flugzeughersteller, sondern rechnet mit der Fluggesellschaft die tatsächlich geflogenen Meilen ab.

Die neuen Möglichkeiten gehen allerdings mit wichtigen Fragen einher. So muss bei einem Produktionsfehler häufig zu-

nächst festgestellt werden, wer für den Fehler verantwortlich ist – Produktionsbetreiber, Maschinenhersteller, Softwarezulieferer oder gar der Kunde, der einem Teil die falschen „Bearbeitungswünsche“ mit auf den Weg gegeben hat. Außerdem gilt es zu klären, wem die während der Produktnutzung generierten Daten gehören – wie wertvoll diese Daten sein können, zeigt sich zum Beispiel daran, dass Google 2014 den Thermostathersteller Nest übernommen hat, vermutlich mit dem Ziel, Zugang zu Konsumentendaten zu bekommen.

Eine der wichtigsten Herausforderungen wird es jedoch sein, heutige und zukünftige Arbeitnehmer adäquat auszubilden. Nicht nur werden in Zukunft mehr Berufsbilder Informatikkenntnisse erfordern – die vierte industrielle Revolution bringt auch technologische Entwicklungen in solch einer Geschwindigkeit, dass in vielen Branchen einmal Gelerntes nicht mehr für ein Berufsleben reichen wird.

In diesem Kontext stellen sich den Unternehmen zwei Fragen: Wieviel Digitalisierung werden wir brauchen? Insbesondere Zulieferer in stückzahlintensiven Branchen laufen Gefahr, bei unzureichender „Anknüpfungsfähigkeit“ im Wettbewerb nicht mehr bestehen zu können. Und: Wieviel Digitalisierung verkraften wir? Auch wenn die Digitalisierung häufig als disruptiver Wandel angesehen wird, können Unternehmen diese ja nur evolutionär implementieren – sie können ja nicht sowohl Maschinen als auch Mitarbeiter einfach austauschen.

Mit dem Ziel, die Unternehmen in der Vierländerregion bei der Beantwortung dieser Fragen und bei der Bewältigung des digitalen Wandels zu helfen, wurde auf Initiative und mit Förderung vom Staatsministerium Baden-Württemberg an der Hochschule Konstanz das Bodenseezentrum Innovation 4.0 (BZI 4.0) ins Leben gerufen. Dem Leitgedanken „Unterstützung bei den ersten zehn Prozent“ folgend, finden Unternehmensvertreter am BZI 4.0 die richtigen Ansprechpartner, wenn sie noch keine oder wenige Erfahrungen mit Digital-Technologien gemacht haben. So arbeitet das BZI 4.0 beispielsweise eng mit der Modellfabrik Bodensee zusammen und unterstützt die Entwicklung von mittelstandsorientierten Angeboten (s. auch S. 20 in diesem Heft).

Darüber hinaus wird am BZI 4.0 ab Januar 2017 das IBH-Lab KMUdigital koordiniert⁴. Das von der EU geförderte Konsortium aus acht Forschungsinstitutionen wird in den kommenden vier Jahren Digitalisierungsangebote für mittelständische Unternehmen entwickeln.

Auch kleinere Firmen können übrigens von Industrie 4.0 profitieren. So hat beispielsweise ein Metzger aus der Vierländerregion damit begonnen, seine sommerlichen Steakbestellungen an die Wettervorhersage zu koppeln – je besser das Wetter, desto mehr Leute grillen, die dann mehr Steaks brauchen. An diesem Beispiel sieht man übrigens einen wichtigen, wenn nicht den wichtigsten Aspekt im Umgang mit Industrie 4.0: den Mut, sich darauf einzulassen.

Informationen

Weitere Informationen zum Bodenseezentrum Innovation 4.0 und dessen konkreten Angeboten, zum Beispiel zur Veranstaltungsreihe „Bodenseedialog 4.0“ oder der Ringvorlesung „Digital Tuesday“, finden Sie online unter bzi40.eu.

Quellen

[1] Die IBH-Labs werden von der Internationalen Bodenseehochschule (IBH), der Internationalen Bodensee Konferenz (IBK) und Interreg-V-Alpenrhein-Bodensee-Hochrhein gefördert. Durch diese thematisch ausgerichteten Forschungs- und Innovationsnetzwerke von Hochschulen und Praxispartnern aus Wirtschaft und Gesellschaft wird Wissens- und Technologietransfer und damit die Innovation in der Region unterstützt. S. auch <http://www.bodenseehochschule.org/ibh-labs/>



Abb. 1: Logo des BZI 4.0



M. Eng Katrin Jödicke

hat an der HTWG ihren Maschinenbau-Bachelor gemacht und danach in Kooperation mit der HS Ravensburg-Weingarten Umwelt- und Verfahrenstechnik (M. Eng) studiert. Bereits während des Master-Studiums verbrachte sie einige Zeit in Uganda, wo sie ein Projekt zur Qualitätssicherung bei der Trocknung von Kochbananen (Matooke) durchführte. Nach 3 Jahren als Nachwuchsprojektleiterin im Mühlen- und Futtermühlenbau bei der Bühler AG in Uzwil und Kiew begann sie im März 2015 ihre Doktorarbeit im IATF in Kooperation mit der Uni Kassel. Hier forscht sie zum Thema optische und mechanische Qualitätskontrolle von tropischem Obst und Gemüse.



Prof. Dr. Werner Hofacker

ist gelernter Maschinenbau-Ingenieur, mit den Schwerpunkten Verfahrenstechnik und Lebensmitteltechnologie. Seit 20 Jahren ist er Professor, seit 15 Jahren an der HTWG in Konstanz, wo er u.a. seit 5 Jahren das Institut für Angewandte Thermo- und Fluidodynamik leitet. Mit 35 Jahren Erfahrung in Projekten in der Trocknungs- und Simulationstechnik hat er viele Entwicklungsprojekte durchgeführt und Kooperationen in den Bereichen Lebensmitteltechnik, Nacherntetechnologie und Konservierungstechnik in Korea, Burkina Faso, Niger, Mali, Senegal, Libanon, Kolumbien, Äthiopien, Kenia, Uganda und der Schweiz aufgebaut. Aktuell ist er Koordinator der Konstanzer Subprojects im RELOAD Projekt und betreut außerdem verschiedene PostDoc Aktivitäten der Volkswagen-Stiftung in Kenia und Äthiopien.

Verringerung von Nachernte-verlusten – ein internationales Forschungsprojekt

Katrin Jödicke, Werner Hofacker

1. Problem: Verluste bei der Ernte und Hunger in der Welt

Ein Drittel aller Agrarprodukte wie Getreide, Obst, Gemüse, aber auch Fleisch- und Milchprodukte geht nach der Ernte verloren. Überträgt man das auf den eigenen Haushalt, wäre das so, als würde einer von dreien jedes gemeinsame Essen auslassen müssen – und das jeden Tag. Denn Getreide, Obst, Gemüse, Fleisch und Milch finden sich überall im Lebensmittelbereich wieder: Zucker wird aus Zuckerrüben hergestellt, im Müsli sind Haferflocken, Milch und getrocknetes Obst, Nudeln mit Tomatensoße sind letzten Endes Getreide mit Gemüse, und das Wurst- und Käse-Brot besteht aus Getreide, Fleisch und Milch. Rechnet man die Verluste hoch, sind das ca. 1,3 Milliarden Tonnen Nahrungsmittel pro Jahr⁴. Das sind Mengen, die wir uns kaum vorstellen können. Umgerechnet wären das 1.300.000.000.000 Kilo-Packungen Mehl, grob 45.000.000 komplett beladene LKW oder ca. 2.500.000 befüllte A380 Flugzeuge. Oder einfach ein Eiswürfel von 1.100 m Kantenlänge.

Gleichzeitig sind weltweit 850 Millionen Menschen unterernährt, was 12 % der Weltbevölkerung entspricht – der zehnfachen Bevölkerung Deutschlands. Ein Großteil der Hungernden lebt in Afrika südlich der Sahara, weswegen Mitglieder des Instituts für Angewandte Thermo- und Fluidodynamik (IATF) mit ihren Kontakten zu ostafrikanischen Hochschulen und Organisationen an dieser Stelle die Möglichkeit gesehen haben, etwas zu verändern. Denn mit nur einem Viertel der verlorenen Lebensmittel könnte man alle hungernden Menschen ausreichend versorgen¹.

2. Idee: Nachernteverluste reduzieren

Eine Möglichkeit den Hunger zu bekämpfen ist, die Nachernteverluste, also alle Verluste an Lebensmitteln nach deren Ernte, zu reduzieren. Deren Ursachen sind aber vielseitig. Geringe Lagerungsfähigkeit der Produkte, schlechte Infrastruktur oder fehlendes Wissen über Verarbeitungs- und Lagerungsmöglichkeiten sind nur einige Beispiele. Also: wenn die Straßen schlecht sind und die Wege über diese lang, verfault das Obst, bevor es beim Verbraucher ist. Wenn Mäuse und Käfer das Silo befallen,

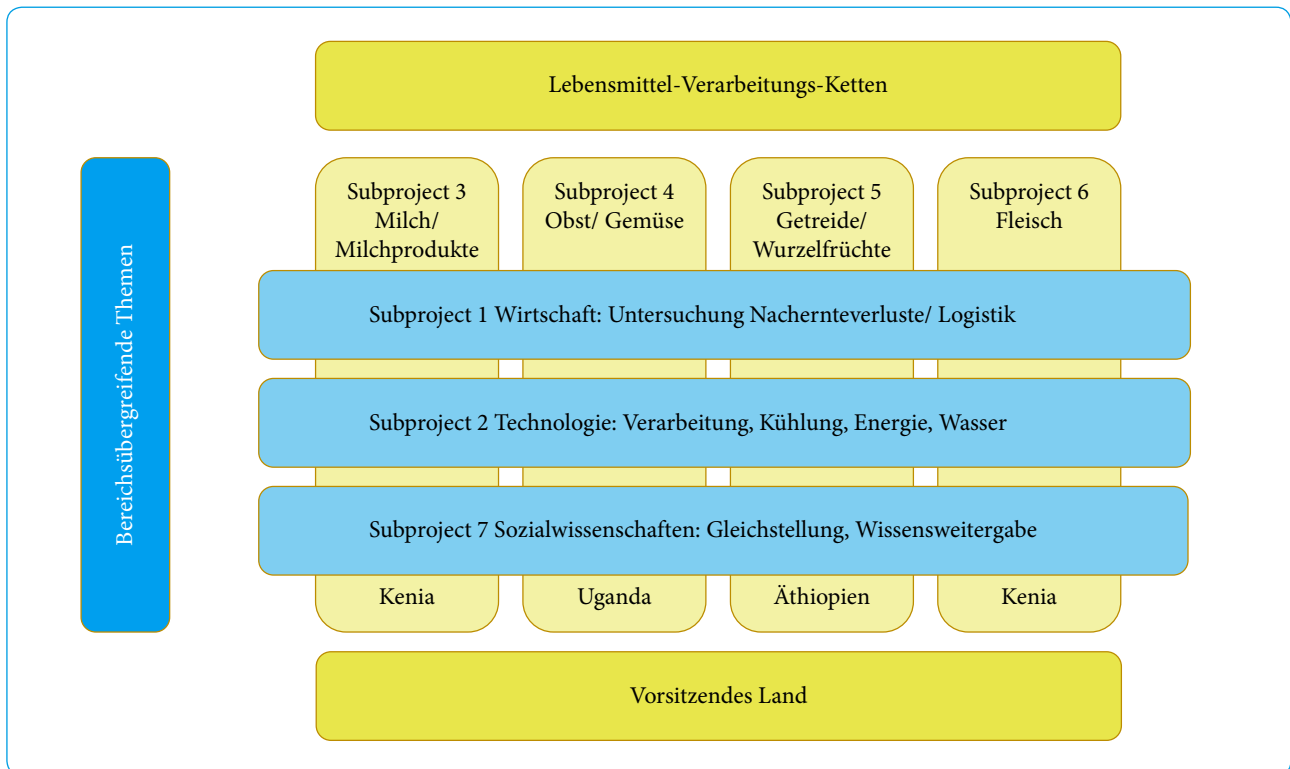


Abb. 1: RELOAD Projektstruktur

ist nach ein paar Wochen nichts mehr vom Getreide übrig. Und wenn keiner weiß, dass Kartoffeln z.B. als Mehl besser lager- und transportierbar sind, dann versucht es auch keiner. Weil die Ursachen der Verluste aber so unterschiedlich sind, muss auch an den unterschiedlichsten Stellen in den Verarbeitungsketten angesetzt werden. Dies ist die Idee des RELOAD Projekts, an dem Studierende, Professoren und Mitarbeiter der HTWG beteiligt sind: Hochschulen, Klein- und Mittelständische Unternehmen (KMUs) und Forschungseinrichtungen in Afrika und Deutschland forschen in verschiedene Bereichen (Technologie, Logistik und Soziales) gemeinsam, wie Nachernteverluste verringert und der Wert der Produkte gesteigert werden können. Insgesamt sind 16 Partner aus Äthiopien, Kenia, Uganda und Deutschland beteiligt. Das Besondere in diesem Projekt ist, dass es eine eng verwobene Projektstruktur hat (Abb.1: RELOAD Projektstruktur): Je nach Hauptnahrungsmitteln der einzelnen afrikanischen Länder wurden verschiedene Unterprojekte (Subprojects) je nach Produkt definiert. Die Probleme in der Nacherntetechnologie sind aber auch bei so unterschiedlichen Produkten wie z.B. Fleisch, Milch oder Getreide oft sehr ähnlich. Deren Haltbarmachung kann z.B. bei allen dreien durch Trocknung erfolgen. Daher gibt es neben den produktspezifischen Subprojects (3–6) auch solche, die nach Inhalten unterteilt sind (1, 2 und 7). Die Projekte, die an der HTWG durchgeführt werden, fallen in das inhaltspezifische Subproject 2 sowie in die produktspezifischen Subprojects 4 und 5. Durch diese enge Zusammenarbeit verschiedener Experten aus unterschiedlichsten Bereichen wird ein Querdenken erreicht, das immer wieder zu besonderen Ideen und außergewöhnlichen Lösungen führt.

3. Umsetzung: Trocknung

Eine der ältesten und wohl bekanntesten Arten, Lebensmittel länger haltbar zu machen ist das Trocknen. Wird dem Produkt das Wasser entzogen, haben die Mikroorganismen, die für den Verderb verantwortlich sind, keine Lebensgrundlage mehr. Somit werden Lebensmittel langsamer schlecht und stehen z.B. auch außerhalb der Saison zur Verfügung. Ein bekanntes Beispiel: lässt man eine Scheibe Brot in einer Plastiktüte verpackt einige Tage liegen, fängt das Brot an zu schimmeln. Der Grund hierfür ist das Wasser, das nicht entweichen kann, sondern in der Tüte „gefangen“ ist. Für Mikroorganismen ist das ein Paradies. Legt

RELOAD Projekt



Das 2013 ins Leben gerufene RELOAD-Projekt (Reduction of Post Harvest Losses and Value Addition in East African Food Value Chains) bringt drei deutsche, sechs ost-afrikanische Universitäten und deren Partner (s. am Ende dieses Artikels) zusammen, um gemeinsam Nachernteverluste zu verringern und die Qualität verschiedener landwirtschaftlicher Produkte zu steigern. Das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und dem Bundesministerium für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung mitfinanzierte Projekt wurde im Sommer 2016 um zwei weitere Jahre verlängert. Weitere Infos unter: <http://reload-globe.net>

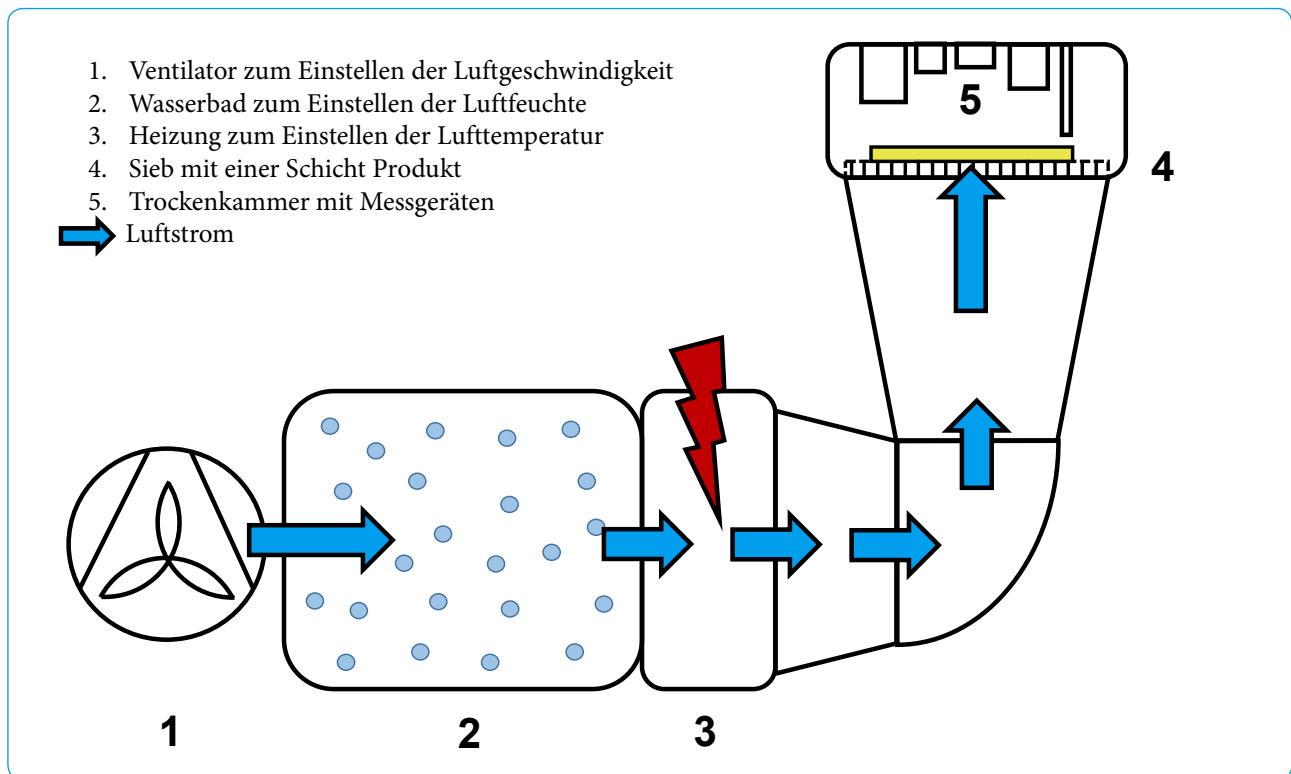


Abb. 2: Funktionsprinzip Einzelschichttrockner

man allerdings eine Scheibe an die offene Luft und wartet ein paar Tage, wird sie hart, schimmelt aber nicht, denn das Wasser aus dem Brot kann in den Raum verdunsten: Das Brot trocknet.

In dieser Art funktioniert auch die industrielle Trocknung: Auf die eine oder andere Art wird dem Produkt das Wasser entzogen. Dies kann durch Kälte geschehen, wie in der Gefriertrocknung, oder durch Hitze. Im Institut für Thermo- und Fluidodynamik (IATF) an der HTWG wird für die Trocknungsversuche ein Trockner verwendet, auf dem durch Durchblasen mit heißer Luft immer nur eine einzelne Produktschicht getrocknet wird (s. Abb. 2: Funktionsprinzip Einzelschichttrockner). Um zu untersuchen, wie sich unterschiedliche Einstellungen am Trockner auf den Trocknungsprozess auswirken, sind Lufttemperatur, Luftfeuchte und Luftgeschwindigkeit einstellbar. So kann man z.B. sehr heiß und schnell trocknen, was allerdings dem Produkt schaden kann oder sehr langsam und schonend, was zu einer hohen Trockendauer und meist auch zu einem höheren Energieverbrauch führt.

Im IATF werden solche Trockner größtenteils selbst gebaut und in Betrieb genommen, um u.a. die Versuche für das RELAOD Projekt durchzuführen. Hierzu werden die Anlagen entworfen und ausgelegt, Bauteile bestellt und zusammengebaut und die Regelung geplant. Im letzten Schritt werden dann Test-Versuche durchgeführt um die Funktion zu überprüfen und etwaige Fehler zu beheben. Die Trockner im IATF werden außerdem ständig angepasst und auch erweitert, um neue Arten von Experimenten zu ermöglichen.

4. Qualitätssicherung

Trocknen an sich scheint ein im ersten Moment recht simpler Prozess zu sein. Schaut man aber ins Detail, erweist sich dieser als hoch kompliziert. Auch hier gibt es ein bekanntes Beispiel aus dem Haushalt: Ähnlich wie beim Kuchenbacken ist es nicht immer einfach, an jeder Stelle die gewünschten Eigenschaften zu erhalten. Ist der Kuchen oben beispielsweise schön hellbraun, dann ist er in der Mitte oft noch zu weich. Ist er im Inneren endlich durchgebacken, ist er an der Oberfläche eventuell schon angebrannt. Ähnliche Probleme bestehen auch in der Trocknungsindustrie: Während der Trocknung wird das Produkt in Form, Farbe und mechanischen Eigenschaften stark verändert und damit direkt auch die Qualität. Denn der Mensch hat über Jahrtausende gelernt, was für ihn „gut“ und „schlecht“ ist und bezeichnet dies heute als „Qualität“. Eindrücklich ist das Beispiel der Farbe als Qualitätskriterium: Gelbe Bananen im Supermarkt werden gekauft, braune oder grüne eher liegengelassen. Ein Kopfsalat jedoch, der genauso gelb ist wie die „gute“ Banane, wird nicht gekauft, der, den man mitnimmt, hat die grüne Farbe der liegengelassenen Banane. Die Farbe als Qualitätskriterium ist also wichtig, aber nicht absolut. Vielmehr muss „gut“ und „schlecht“ für jedes Produkt eigens definiert werden. Genauso hat man je nach Produkt bestimmte Vorstellungen, wie es sich beim Kauen anfühlen und wie es schmecken soll. Und so muss am Ende eines Trocknungsprozesses nicht nur ein Produkt mit einer bestimmten „Trockenheit“ (dem sogenannten minimalen Feuchtegehalt) vorliegen, sondern auch mit vorgegebenen optischen, mechanischen und chemischen Eigenschaften. Am

Einzelsschichttrockner im IATF wird u.a. bei Tomaten, Chilis, Kartoffeln, Bananen, Mangos, Ananas, Nüssen und Kakao untersucht, wie sich unterschiedliche Trocknungsbedingungen auf diese Eigenschaften jeweils auswirken.

4.1. Untersuchung der optischen, mechanischen und chemischen Eigenschaften

Während der gesamten Trocknung werden die optischen Eigenschaften überprüft. Um Farbveränderungen nachzuvollziehen, werden Fotos vom trocknenden Produkt gemacht und analysiert. Zusätzlich wird mithilfe eines Spektrometers beobachtet, wie sich das „Aussehen“ im UV- oder Infrarot-Bereich ändert. Diese optischen Messungen sind wichtig, um am Ende eine Produktfarbe zu erhalten, die für den Konsumenten ansprechend ist und um herauszufinden, wie sich die unterschiedlichen Trocknereinstellungen auf diese Qualitätseigenschaften auswirken. Ein Ziel dieser Untersuchungen ist, ein konstant gleich aussehendes Produkt herstellen und garantieren zu können.

Mithilfe der Fotos wird zudem betrachtet, wie die Proben schrumpfen. Während viele zuckerhaltige Produkte nur flächig schrumpfen, rollen sich z.B. Kartoffelscheiben geradezu auf. Das bringt vor allem Probleme mit sich, wenn nur mit Hilfe der 2D-Bilder die Änderung des Volumens der Proben ermittelt werden soll. Deswegen wurde in Kooperation mit dem INM (Institut für Naturwissenschaften und Technik) an der HTWG und der Firma Chromasens eine kamerabasierte Methode entwickelt, die die In-Line-Messung der dreidimensionalen Schrumpfung ermöglicht ².

Neben den optischen sind vor allem die chemischen Eigenschaften von großer Bedeutung. Einerseits geben ihre Änderungen nämlich Aufschluss darüber, warum sich die Farbe der Produkte ändert. Andererseits sollen bestimmte Inhaltsstoffe wie z.B. Vitamine, Aromen oder Capsaicinoide, die „Scharfmacher“ in Chilis, unbedingt erhalten bleiben. Da aber viele dieser Stoffe sehr empfindlich auf Hitze und Feuchte reagieren, ist es wichtig zu wissen, wie getrocknet werden muss, damit die Nährstoffe nicht verloren gehen. Außerdem führt die Änderung der chemischen Zusammensetzung auch zu Änderungen der mechanischen Eigenschaften.

Dass getrocknete Produkte meist härter sind als frische, ist eine der offensichtlichsten Veränderungen bei der Trocknung von Lebensmitteln. Die Änderungen bei unterschiedlichen Trocknereinstellungen und Produkten sind aber extrem vielseitig. So werden Mangos oder Ananas durch den Entzug von Wasser schnell gummiartig, Chilis spröde und bröselig und stärkehaltige Produkte, wie Kartoffeln oder Kochbananen, sehr schnell steinhart. Diese sogenannte „Textur“ beeinflusst natürlich auch die Art der Weiterverarbeitung: Kochbananen werden z.B. oft vermahlen, um besser gelagert werden zu können, und

auch Chilis kann man in Pulverform kaufen. Um zu wissen, wie die Maschinen hierfür arbeiten sollen, muss man also auch die Produkttextur gründlich kennen. Der Einfluss des Trocknens auf Härte und Kaubarkeit sowie auf die Belastbarkeit der Produkte wird im IATF an einer speziellen Textur-Prüfmaschine untersucht. Hierzu werden Proben zerquetscht, zerrissen oder zerbrochen, um zu sehen, wie sich die einzelnen Textureigenschaften im Prozess ändern.

Das Wichtigste bei den Arbeiten an der HTWG und bei den afrikanischen Partneruniversitäten ist jedoch die Zusammenarbeit. So werden nicht nur optische, mechanische und chemische Eigenschaften einzeln untersucht, sondern vor allem auch deren Zusammenhänge und deren gegenseitige Beeinflussung. Aktuell wird z.B. erforscht, ob aufwändige und teure chemische Analysen von Zuckern teilweise durch optische Untersuchungen mit kleinen, tragbaren Feldgeräten oder Texturanalysen ersetzt werden können.

4.2. Simulation

Bei Versuchen mit biologischen Produkten sind viele Wiederholungen nötig, um sicher zu gehen, dass die Unterschiede in den Ergebnissen nicht einfach von Unterschieden im Versuchsgut selbst kommen. Da Trocknen an sich schon ein sehr energieintensiver Prozess ist, führt dies zu einem noch höheren Energieverbrauch. Eine Möglichkeit dies zu umgehen ist die Simulation: Am Computer werden Trocknungsprozesse nachgestellt und mit den realen Ergebnissen verglichen. Die Simulation von Prozessen ist im Maschinenbau und in der Verfahrenstechnik weit verbreitet, allerdings stellt auch hier das Naturprodukt im Gegensatz zu z.B. Metallen eine Herausforderung dar. Keine zwei Äpfel sehen genau gleich aus, und gerade Winzer wissen, wie stark die Qualität von Obst von Jahr zu Jahr oder Ort zu Ort schwanken kann. In den letzten Jahren wurden im IATF jedoch bei Äpfeln und seit kurzem auch bei Kartoffeln große Erfolge erzielt.

5. Gemeinsam zum Erfolg

Das RELOAD-Projekt hat deutsche und afrikanische Universitäten, Forschungseinrichtungen und KMUs zusammengebracht, um gemeinsam dem Problem des Hungers in der Welt entgegenzuwirken. Durch diese Zusammenarbeit werden explizit auch Gemeinden, Landwirte, Frauenkreise, Einzelpersonen, Unternehmen und KMUs vor Ort in Ostafrika einbezogen, um Technologien zu finden, die einfach umgesetzt und angewandt werden können. So werden im Moment Kooperationen weiter ausgebaut und neue Produkte untersucht, Messmethoden entwickelt und überprüft, um das gemeinsame Ziel in den verbleibenden zwei Projektjahren zu erreichen.

Die Projektpartner

Hochschulen: Universität Kassel, HTWG Konstanz, Hochschule Rhein-Waal in Deutschland; University of Nairobi und Egerton University in Kenia; Mbarara University for Science and Technology und Makerere University in Uganda; Ambo University und Jimma University in Äthiopien.

Weitere Partner: DITSL GmbH, Meridian GmbH in Deutschland; NMK (Kenya Resource Center for Indigenous Knowledge), ICIPE (African Insect Science for Food and Health), Redstart Ltd, White Dezert Ltd, Bahati Slaughterhouse Ltd in Kenia; NARO (National Agricultural Research Organization), PIBID (Presidential Initiative on Banana Industrial Development), Hortexa (Horticultural Exporters Association) in Uganda; Baltimas, Jimma Women's Self Help Soymilk Processing Factory in Äthiopien.



Abb. 3: Einige der Projektbeteiligten (HTWG Konstanz): Prof. Dr. Werner Hofacker, Kuma G. Erko, Katrin Jödicke, Saskia Arendt

Quellen:

[1] The State of Food Insecurity in the World, Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013

[2] J. Thieme, F. Thienger, W. Hofacker, B. Jödicke: Correlation between volume and water content during drying of agricultural products, 19th International Drying Symposium, Lyon 2014

SIEMENS



www.siemens.com/logistics

Siemens Postal, Parcel & Airport Logistics GmbH

Der Arbeitgeber Ihrer Wahl!

Siemens Postal, Parcel & Airport Logistics GmbH (SPPAL) mit Sitz in Konstanz ist eine 100-prozentige Tochter der Siemens AG.

SPPAL ist ein führender Anbieter für innovative Produkte in den Bereichen Brief- und Paket-Automation sowie in der Flughafenlogistik mit Gepäck- und Frachtabfertigung. Software-lösungen und Kundenservice vervollständigen das Portfolio.

Das Unternehmen ist mit einer weltweit installierten Basis in mehr als 60 Ländern aktiv.

Bewerben Sie sich online unter www.siemens.de/karriere.

Für weitere Informationen zu unserem Unternehmen besuchen Sie unsere Internetseite www.siemens.com/logistics oder folgen Sie dem QR-Code.



Das Konstanz Institut für Corporate Governance – KICG

Anwendungsorientierte Forschung und Wissenstransfer



Mit Einrichtung des Masterstudiengangs Unternehmensführung beschlossen 2008 die Professoren Josef Wieland, Andreas Bertsch, Peter Franklin und Werner Volz (Fakultät Wirtschafts-, Kultur- und Rechtswissenschaften), ein Institut der HTWG zu gründen, in dem Forschung, Beratungs- und Transferleistungen zu Corporate Governance in einem umfassenden und ganzheitlichen Verständnis betrieben werden. Mit der Gründung des KICG sollte dieser Forschungsschwerpunkt an der Hochschule auch nach außen hin sichtbar werden.

Im Vergleich zu dem 1996 von Prof. Dr. Josef Wieland und Prof. Peter Franklin gegründeten und sehr erfolgreich arbeitenden Konstanz Institut für Wertemanagement (KIeM) wurde mit dem KICG ein breiteres Spektrum definiert, wie Prof. Dr. Stephan Grüninger, seit 2009 Institutsdirektor, erläutert. Das KIeM wurde nach der Gründung institutionell in das KICG integriert. Zu der bisher bereits betriebenen Forschung rund um wirtschafts- und unternehmensethische Fragestellungen,

die auch Institutionenökonomik und Firmentheorie umfassen, Forschung und Schulungen zur interkulturellen Kompetenz in Wirtschaftsunternehmen sowie die praktischen Implementierung des am Institut entwickelten Wertemanagementsystems^{zfw} in zahlreichen Unternehmen, kamen mit der Expertise weiterer Professoren unter anderen die Bereiche Anti-Fraud, Tax Compliance und Wirtschaftsrecht hinzu. Zusammengefasst kann als Fokus des KICG „die normative Seite des Managements“, so Prof. Grüninger, genannt werden.

Bereits seit über 20 Jahren ist Wirtschafts- und Unternehmensethik ein Schwerpunkt in der Forschung und in der Lehre an der HTWG, dabei immer aus einer fundierten Kenntnis der Praxis schöpfend. Und immer anwendungsorientierte Forschung, was heißt: es wird unmittelbar auf Problemstellungen der Praxis eingegangen. Zugleich fließen Erkenntnisse aus Forschung und das Wissen aus der Praxis direkt in die Lehre ein, welche auch die Weiterbildung umfasst.

Daher beschreiben im Gespräch Frau Prof. Annette Kleinfeld und die Professoren Stephan Grüninger, Oliver Haag und Werner Volz ihre Tätigkeiten als Lehrende, Forschende, aber auch als Akteure in der Wirtschaftspraxis als sich gegenseitig ergänzende und stützende Aufgaben. Anwendungsorientierte Forschung brauche die Nähe zur Praxis, und die Lehre an einer Hochschule für angewandte Wissenschaften (HAW) nähre sich wiederum aus ihrem aktuellen Bezug zur Wirtschaftspraxis und deren He-

Corporate Governance wird im KICG folgendermaßen definiert:



Das KICG fasst unter Corporate Governance nicht allein den „engen Sinne der Kontrollfunktion, Monitoring, Legal Compliance, Risikomanagement, Anti-Fraud Management etc. Vielmehr geht es um den erweiterten Begriff der Corporate Governance, nämlich der Führung (leadership), Steuerung (management) und Kontrolle (monitoring) des Unternehmens im Sinne einer verantwortungsvollen Unternehmensleitung, wie sie auch im Deutschen Corporate Governance Kodex (DCGK) gefordert wird. Auch der Begriff der Verantwortung ist dabei in all seinen Facetten – ökonomisch, rechtlich, sozial – zu verstehen. Die gelingende Simultanität der genannten drei Dimensionen ist die entscheidende Bedingung einer Good Corporate Governance. Sie findet sich auch in einem wirksamen Compliance- und Integrity-Management-System wieder.“

Interdisziplinarität ist ein grundlegender Aspekt der Forschungstätigkeit im KICG, die u.a. die Bereiche Ökonomie, Recht, Organisationstheorie, Management und Wirtschafts- und Unternehmensethik umfasst. Ziel ist es dabei auch, zur ökonomisch, rechtlich und gesellschaftlich nachhaltigen Ausrichtung der Unternehmensführung beizutragen. (Quelle: KICG)¹

rausforderungen. In diesem Sinne gehört zum Institut auch das privatwirtschaftlich geförderte Center for Business Compliance & Integrity (CBCI), das seit 2013 vornehmlich Auftragsforschung betreibt: Forschungsergebnisse werden in praxisrelevante Konzepte, Leitlinien und Instrumente übersetzt, die Unternehmen dabei helfen, die Einhaltung gesetzlicher und regulatorischer Anforderungen sicherzustellen – was komplexer ist als es klingen mag. Auch das Forum Compliance & Integrity (FCI), das bereits seit 1999 jährlich zweimal tagt und dessen Direktor Grüninger ist, trägt durch einen engen und kontinuierlichen Austausch mit Unternehmen zum Erfolg des KICG bei. Das Erfolgsmodell FCI, so Grüninger, wird derzeit übertragen auf den Bereich großer mittelständischer und familiengeführter Unternehmen: das neu geschaffene Forum Compliance Mittelstand (FCM) ist bereits erfolgreich gestartet mit einem Kongress in Berlin im September 2016. Der Fokus der Arbeit wird darauf liegen, eine Plattform des Informations- und Wissensaustauschs zwischen Praktikern mit der Unterstützung durch anwendungsorientierte Forschung zu verknüpfen und damit den Unternehmen dabei zu helfen, Maßnahmen des Integritäts- und Compliance-Managements nachhaltig wirksam und gleichzeitig effizient im Unternehmen zu implementieren.

In ihrer Forschungs- und Beratungstätigkeit identifizieren die Mitglieder des Instituts die Lücken zwischen dem aktuellen Stand der Regulierung im nationalen wie globalen Wirtschaften und den Handlungsrealitäten. So macht das KICG sich zur Aufgabe dazu beizutragen, die zunehmenden Anforderungen



Abb. 1: Institutsdirektor Prof. Dr. Stephan Grüninger

aus bindendem Recht und sog. „Soft Law“ (u.a. Konventionen der UN, der OECD, Managementsystemstandards der ISO etc.) einem integrativen Integritäts- und Compliance-Management zuzuführen und damit Unternehmen zu helfen, die vielfältigen Risiken (Bestechung, Menschenrechtsverletzungen u.v.a.) auf dem globalen Markt genauer identifizieren und managen zu können. Dabei wird die hohe Relevanz nicht nur eines legalen, sondern auch legitimen Handelns verdeutlicht. Aufgrund der engen Verzahnung von Forschungsprojekten und Beratungstätigkeit in der Praxis wissen die Forschenden genau, „wo der Schuh drückt“ und entwickeln auf dieser Grundlage ihre Forschungsprojekte.

Ein knapper Überblick über einige der laufenden Forschungs- und Beratungsprojekte soll das Themenspektrum des Instituts, ihre Aktualität und Relevanz für das Wirtschaften in einer globalisierten und an Firmenskandalen nicht ermangelnden Welt illustrieren.

Aktuelle Projekte und Themen:

Prof. Dr. Stephan Grüninger

Grüninger und seine Projektmitarbeiterin, Anna Wiebe, haben jüngst das Projekt Multistakeholder-Analyse: Folgeprojekt zu „Leitlinien für das Management von Organisations- und Aufsichtspflichten“ abgeschlossen. Mit den 2014 in dem interdisziplinären Projekt erarbeiteten Leitlinien wurde besonders für kleinere und mittelständische sowie Familienunternehmen, aber auch große Unternehmen, die sich als Mittelstand verstehen, ein Instrument entwickelt, die unternehmensspezifischen Anforderungen an ihre Organisations- und Aufsichtspflichten optimal zu identifizieren und somit Leitung, Management und Überwachung zu optimieren. Im Nachfolgeprojekt wurde nun durch qualitative Interviews mit Vertretern aus Staatsanwaltschaften, Gerichten, Wirtschaftsprüfungsgesellschaften sowie aus Nichtregierungsorganisationen überprüft, ob die genannten Leitlinien sich in der Praxis und aus den verschiedenen Perspektiven als konsistent und tauglich erweisen: Entsprechen sie den Erwartungen der relevanten Stakeholder eines Unternehmens? Es gilt, so erklärt Anna Wiebe, „aus verschiedenen Perspektiven zu beurteilen, ob die Umsetzung der Compliance-Maßnahmen des Unternehmens bezogen auf seine Größe und Komplexität der Organisation zur Vermeidung von Compliance-Verstößen tatsächlich geeignet und angemessen war.“²

Im Ergebnis zeigt die Studie, dass die Bewertung dessen, was ein „angemessenes, glaubwürdiges und wirksames Compliance-Management-System (CMS)“ ist und leisten soll, sehr stark von den einzelnen Unternehmen abhängt. Nichtsdestotrotz konnten verallgemeinerungsfähige Faktoren identifiziert werden, so die Relevanz des „Tone from and at the Top“. Auch wird die Glaubwürdigkeit eines Unternehmens und seines CMS stark davon abhängig gemacht, wie Compliance-Themen im Unter-

nehmen angegangen und kommuniziert werden. Das Projekt wurde von elf kooperierenden Unternehmen und Wirtschaftsprüfungsgesellschaften gefördert.³

Seit dem Sommer 2016 ist Grüninger Mitglied und Co-Vorsitzender eines zehnköpfigen Expertenkreises, der im Auftrag der Telekom AG deren Unternehmenskultur untersucht (z.B. wo sind Verfahren transparent und widerspruchsfrei, wo gilt es, mehr Transparenz herzustellen?), um herauszufinden, ob das bestehende Compliance Management System als Mittel der Ahndung, aber auch der Prävention von Regelverstößen angemessen ist und wirksam sein kann.⁴ Nach einem Jahr sollen die Ergebnisse der Studie vorgestellt und ein Weißbuch vorgelegt werden, das auch für andere Unternehmen Handlungsempfehlungen bereitstellt, um die eigene Unternehmenskultur zu analysieren und die hohe Bedeutung von Integrität und Transparenz stärker in dieser zu verankern. Denn: Ohne eine entsprechende Unternehmenskultur keine Wirksamkeit des CMS.⁵

Prof. Dr. Annette Kleinfeld

Unter der Leitung von Frau Prof. Kleinfeld forscht das KICG im Rahmen einer privatwirtschaftlich geförderten Kooperation mit der Stiftung – CLUB OF HAMBURG⁶ und dem Senat der Wirtschaft an den normativen Grundlagen eines von der Stiftung geplanten Deutschen Ethik Index – DEX[®]. Dazu wurde von Frau Kleinfeld und ihrer wissenschaftlichen Mitarbeiterin Anna Zubrod im ersten Schritt ein ganzheitliches Management-Modell „Erfolg mit Anstand“ entwickelt, mit dessen Hilfe u.a. das Konzept des ehrbaren Kaufmanns systematisiert, d.h. in die Perspektive einer Corporate Governance eingebettet und damit weiterentwickelt wurde. Aus dem Modell wird im zweiten Schritt ein Maßstab zur Bewertung der Unternehmensperformance unter unternehmensethischen Gesichtspunkten abgeleitet, der schließlich über die Listung und das Rating des jeweiligen Unternehmens im „Deutschen Ethik Index“ (DEX) entscheiden soll. Unternehmen, die keine Listung im DEX anstreben, aber trotzdem zunehmend über die Wahrnehmung ihrer Verantwortung gegenüber Stakeholdern und Gesellschaft Rechenschaft ablegen wollen oder müssen, sollen die Möglichkeit erhalten, auf der Basis eines externen Monitorings ein Gütesiegel „Erfolg mit Anstand“ zu erwerben. Frau Kleinfeld beschreibt das Vorgehen hierfür folgendermaßen: In den letzten 20 Jahren sind auf nationaler wie internationaler Ebene zahlreiche Standards zur verantwortungsvollen Führung von Unternehmen entstanden. Neben dem o.g. Wertemanagementsystem^{ZfW} gehört dazu beispielsweise die ISO 26000 – die erste globale Norm zur gesellschaftlichen Verantwortung von Organisationen aller Art (an dessen Erarbeitung sie in einem internationalen Multi-Stakeholder-Verfahren mitwirkte) oder die OECD Leitlinien. Sie werden im Forschungsprojekt einer systematisierenden Synopse unterzogen, um dabei Kernpunkte und Zusammenhänge herauszuarbeiten, die als normative Basis sowohl des Managementmodells als auch des Gütesiegels „Erfolg mit Anstand“ genutzt werden.

Darauf aufbauend und in kritischer wissenschaftlicher Auseinandersetzung mit sogenannten Nachhaltigkeits- oder Ethik-Indizes, die bereits für börsennotierte Unternehmen existieren, ist die Entwicklung und Etablierung des Deutschen Ethik Index – DEX[®] geplant. Das einer Listung im DEX[®] zugrunde liegende Rating-Verfahren, das auf der erfolgreichen Auszeichnung mit dem Gütesiegel und einer zusätzlichen quantitativen Evaluierung gründet, soll einen Vergleich der ökonomischen Leistungsfähigkeit im Einklang mit ethischer Vorbildlichkeit auch für nicht börsennotierte Mittelständler, inhabergeführte und große Familienunternehmen bieten.

Ihrem Projekt liegt die mittlerweile breit rezipierte Annahme zugrunde, dass ökonomischer Erfolg und die nachhaltige Integration ethischer und anderer gesellschaftlich relevanter Prinzipien in die Führung und das Management von Unternehmen einander nicht widersprechen, sondern im Gegenteil deutlich bedingen. Langfristig soll durch den Vergleich der ökonomischen Performance im DEX gelisteter Unternehmen mit der Leistung vergleichbarer Unternehmen diese Hypothese überprüft werden. Darüber hinaus ermöglicht die Anwendung des Modells „Erfolg mit Anstand“ Organisationen aller Art, ihren spezifischen Beitrag zur Umsetzung der Ende 2015 von den Vereinten Nationen eingeführten „Agenda 2030“ in Form von 17 „Sustainable Development Goals (SDGs)“ zu identifizieren, zu managen und kommunikabel zu machen.

Im DEX-Projekt entsteht derzeit eine Promotion. Außerdem wurden mehrere Masterarbeitsthemen vergeben.

Auch Annette Kleinfeld schöpft ihre Forschungsthemen aus jahrelanger Beratungserfahrung zu Werte-, Corporate Identity- und Kulturmanagement sowie gesellschaftlicher Verantwortung von Unternehmen in ihrer eigenen Firma Dr. Kleinfeld CEC - Corporate Excellence Consultancy.

Prof. Dr. jur. Oliver Haag

Prof. Dr. jur. Oliver Haag ist Professor für Arbeitsrecht, Gesellschaftsrecht, Handelsrecht, Compliance und Corporate Governance im Studiengang Wirtschaftsrecht. Einer seiner Schwerpunkte ist die Geschäftspartner-Compliance in Hochrisikoländern. Was eminent wichtig ist, da der Export in als solche eingestufte Länder boomt, wie Herr Haag betont, ob dies der Nahe Osten, afrikanische oder asiatische Länder sind. Haag forschte während seines Forschungssemesters 2015 konsequenterweise bei Airbus Defence & Space zu Compliance-Anforderungen in der internationalen Verteidigungs- und Raumfahrtindustrie. Haag berät besonders mittelständische Unternehmen zu Legal Compliance, damit diese mit guten Compliance Management Systemen ausgestattet auch den Anforderungen des internationalen Geschäfts gewachsen sind. Ein dritter Arbeitsschwerpunkt sind Arbeits- und Gesellschaftsrecht im Hinblick auf Unternehmensrestrukturierungen. Viele Studierende interessieren sich für Abschlussarbeiten in diesen Themengebieten, die Herr Haag

betreut, und sie werden sowohl für eine wissenschaftliche Perspektive als auch für die Praxis bestens vorbereitet.

Haag ist es ein besonderes Anliegen, sein Fachgebiet auch für Nichtjurist/innen verständlich darzulegen. Besonders in dem auf interdisziplinäres Arbeiten und Vermitteln vorbereitenden Studiengang Wirtschaftsrecht helfen Hand- und Lehrbücher, die ohne juristischen Sprachduktus Leserin und Leser mit komplexen juristischen Zusammenhängen vertraut machen, ohne dabei an Komplexität einzubüßen, enorm dabei, sowohl aus betriebswirtschaftlicher als auch aus rechtlicher Perspektive argumentieren zu lernen. Daher ist sein Buch „Arbeitsrecht: Fälle und Schemata“ aus der Reihe „Dummies“ – Lernen leichter gemacht im Wiley Verlag 2015 bereits in zweiter Auflage herausgegeben worden, die 3. Auflage ist für das Frühjahr 2017 terminiert.

Prof. Dr. Werner Volz

Ein ausgewiesener Experte auf den Gebieten des nationalen und internationalen Steuerrechts sowie deren Relevanz für Corporate Governance, Tax Compliance, Unternehmensbewertungen u.a. ist Herr Prof. Dr. Werner Volz. Der begeisterte und begeisternde Dozent kann so stets aktuellste Herausforderungen aus der Praxis in seine Lehre einbringen – seinen Studierenden verhilft er so zu einem hohen Erkenntnisgewinn in der Materie und ihren „Tücken“. Dies alles ermöglicht ihm seine Tätigkeit als Geschäftsführer der Dr. Volz Steuerberatungsgesellschaft in Konstanz, die er neben seiner Professur an der Fakultät für Wirtschafts- Kultur- und Rechtswissenschaften ausführt. Er ist vielseitig beratend unterwegs; nebst vieler anderer Projekte hat er im vergangenen Jahr der deutschen Exklave Büsingen in der Schweiz ein Gutachten zur dortigen Doppelbesteuerungsregelung vorgelegt – ein Beispiel aus dem Bereich Finance und Tax Compliance: Das Gutachten führte zu höheren Freibeträgen und damit zu einer faireren Besteuerung der Büsinger Bürger.⁷

Die Mitglieder des KICG und ihre Arbeits- und Forschungsschwerpunkte:

Prof. Dr. Andreas Bertsch: Rechnungslegung von Finanzinstrumenten, insbesondere Derivaten nach Handels- und Steuerrecht sowie IFRS.

Prof. Peter Franklin: Interkulturelles Management, interkulturelle Aspekte der Corporate Governance. Er war Mitgründer und Direktor des KIeM.

Prof. Dr. Stephan Grüninger: Compliance & Integrity Management, Corporate Responsibility, Vertrauens- und Risikomanagement, Wirtschafts- und Unternehmensethik. Er ist Direktor des KICG sowie des CBCI, des FCI und des neu gegründeten FCM. Darüber hinaus ist er Vorsitzender des Ausschusses „Integrity & Governance“ im DICO – Deutsches Institut für Compliance.

Prof. Dr. Oliver Haag: Gesellschafts-, Handels- und Arbeitsrecht, Compliance & Corporate Governance

Prof. Dr. Annette Kleinfeld: Wirtschafts- und Unternehmensethik, CSR, CC, Wertemanagement.

Dr. Roland Steinmeyer LL.M. (externes Mitglied): Corporate Governance, Compliance Management, Internal Investigations, Unternehmensrecht, Unternehmenskauf. Dr. Steinmeyer ist Notar und Partner bei Wilmer Cutler Pickering Hale and Dorr LLP in Berlin.

Prof. Dr. Werner Volz: Corporate Governance in Familienunternehmen, steuerliche Aspekte und Corporate Governance sowie der Unternehmensbewertung und des Unternehmenskaufs, Unternehmensnachfolge und -besteuerung, internationales Steuerrecht. Er ist neben seiner Professur Gesellschafter und Geschäftsführer der Dr. Volz Steuerberatungsgesellschaft.

Prof. Dr. habil. Josef Wieland (externes Mitglied): u.a. Compliance & Integrity Management, Unternehmen und Gesellschaft, Ökonomische Theoriegeschichte, Leadership Excellence, transkulturelles Management. Er war 1996 Mitgründer und Direktor des KIeM und ist Vorsitzender des FCI. Seit 2013 hat er einen Lehrstuhl inne und leitet er das Leadership Excellence Institut Zeppelin (LEIZ) an der Zeppelin Universität Friedrichshafen.

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des KICG:

Lisa Schöttl ist Institutsmanagerin und wissenschaftliche Mitarbeiterin am KICG sowie Koordinatorin des Forum Compliance & Integrity (FCI); sie arbeitet an ihrer Promotion zum Thema Integritätsmanagement.

Marcel Moser ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am CBCI im Bereich Governance, Compliance & Integrity Management. Er bereitet ein Promotionsprojekt zur Verantwortung von Unternehmen vor.

Anna Wiebe ist wissenschaftliche Mitarbeiterin im Projekt „Multistakeholder-Dialoge“.

Anna Zubrod ist wissenschaftliche Mitarbeiterin des Projekts „Erfolg mit Anstand“.

Ausführlichere Informationen zu Lebensläufen, Funktionen und Projekten der Forschenden sowie Publikationen finden Sie auf der Homepage der HTWG, dort auf den Seiten des KICG und CBCI.

Neuere Veröffentlichungen der Mitglieder des KICG (Auswahl):

Stephan Grüninger, Lisa Schöttl, Josef Wieland: Unternehmensintegrität & Compliance – Was wirklich wichtig ist. Eine Handreichung für Führungskräfte. Dos & Don'ts bei der Umsetzung eines wirksamen Integrity Managements. Forum Compliance & IntegrityZfW, 2016.

Stephan Grüninger: So geht das nicht – Compliance muss neu gedacht werden: Sechs Thesen für mehr Ernsthaftigkeit und Glaubwürdigkeit im Compliance-Management. Compliance Manager, 1/2016, S. 44–53.

Oliver Haag: Arbeitsrecht. Fälle und Schemata für Dummies, 1. Auflage, Weinheim: Wiley-VCH Verlag, 2016.

Oliver Haag, Benedict Erdl: Handels- und Gesellschaftsrecht. Fälle und Schemata für Dummies, 2. Aktualisierte Ausgabe, Weinheim: Wiley-VCH Verlag, 2015.

Annette Kleinfeld: Die Rolle von interner Kommunikation und interaktiver Schulung für ein effektives Compliance-Management. Zus. mit Clemens Müller-Störr, in: Wieland, J./Steinmeyer, R./Grüninger, St. (Hg.): Handbuch Compliance-Management, Berlin 2014, 2. Auflage, S. 745–764.

Josef Wieland, Roland Steinmeyer, Stephan Grüninger (Hrsg.): Handbuch Compliance-Management. Konzeptionelle Grundlagen, praktische Erfolgsfaktoren, globale Herausforderungen. 2., überarbeitete und wesentlich erweiterte Ausgabe 2014, Berlin: Erich Schmidt Verlag.

Autorin: Géraldine Kortmann

Quellen

[1] Zitat aus <http://www.htwg-konstanz.de/Institut.1162.0.html> (Zugriff Oktober 2016)

[2] Zitat aus <http://www.htwg-konstanz.de/Einzelmeldungen> (Zugriff Oktober 2016)

[3] Weitere Informationen zu diesem Projekt finden Sie auf den Seiten des KICG

[4] <https://www.telekom.com/de/medien/medieninformationen/detail/telekom-nimmt-unternehmenskultur-unter-die-lupe-435678> (Zugriff November 2016)

[5] <https://www.telekom.com/de/konzern/details/unternehmenskultur-die-telekom-macht-sich-nackt-442842> (Zugriff November 2016)

[6] Für weitere Informationen siehe <http://www.clubofhamburg.de> (Zugriff November 2016)

[7] S. zur neuen Steuerregelung auch <http://www.buesingen.de> (Zugriff November 2016)



"The LafargeHolcim Awards is a universal idea: everyone with good concepts has a chance of winning. The competition is independent and open to all."

Francis Kéré, Principal, Kéré Architecture, Germany/Burkina Faso.
Global Gold Award 2012 winner. Member of the LafargeHolcim Awards jury 2014.

5th International LafargeHolcim Awards for sustainable construction projects. Prize money totals USD 2 million.



Renowned technical universities host the independent juries in five regions of the world. The juries evaluate entries against the "target issues" for sustainable construction. The competition has categories for projects at an advanced stage of design, and also for visionary ideas of young professionals and students.

The LafargeHolcim Awards is an initiative of the LafargeHolcim Foundation for Sustainable Construction and is supported by LafargeHolcim – helping the world to build better. The Group is represented in Germany by Holcim (Deutschland) GmbH and by Holcim (Süddeutschland) GmbH.

www.lafargeholcim-awards.org



LafargeHolcim Awards

The world's most significant competition in sustainable design.

Die Modellfabrik Bodensee Industrie 4.0

Ein Gespräch mit ihren Initiatoren Prof. Dr. Marcus Kurth und Prof. Dr. Carsten Schleyer



Angesichts der rasant voranschreitenden Digitalisierung nicht nur des Alltags, sondern insbesondere der industriellen Produktion über die gesamte Wertschöpfungskette besteht ein unumgänglicher Bedarf, technologische, aber auch ökonomische und gesellschaftsrelevante Fragen intensiv zu bearbeiten: Fragen der Wertschöpfung, zu Geschäftsmodellen und der „customized production“, der Arbeitswelt der Zukunft – ein so langer wie komplexer Fragekatalog rund um „Industrie 4.0“ breitet sich vor uns aus.

Diesem Bedarf wurde und wird an der HTWG begegnet – und dabei soll mit einer zukunftsweisenden und innovationsgetriebenen Thematik auch eine innovative Methode einhergehen: Die Modellfabrik Bodensee Industrie 4.0 ist in diesem Zusammenhang eines der größeren Projekte, welches die Anforderungen in den drei zentralen Aufgabenfeldern Lehre, Forschung und Wissenstransfer abdeckt, sie dabei aber auch miteinander verknüpft.

Die Initiative für diese Einrichtung lag bei Marcus Kurth und Carsten Schleyer, beide Professoren der Fakultät Maschinenbau, die zum Wintersemester 2013/2014 bereits das Lean Production Labor⁴ aufgebaut und erfolgreich in der Lehre eingesetzt hatten. Nun steht die nächste Transformation in der Produktion an, welche mit weitaus mehr als technischen Veränderungen einhergeht und daher vielerlei Expertisen bedarf. Während Marcus Kurth die Bereiche Automatisierungstechnik und Vernetzung verantwortet, liegt Carsten Schleiers Schwerpunkt auf der Produktionsplanung der Zukunft. Zusammen mit den Professoren Ingo Fricker (Schwerpunkt Lean Production und virtuelle Fabrikplanung) und Ditmar Ihlenburg (Schwerpunkt Cloud Solutions) treiben sie die Modellfabrik voran.

2015/2016 gegründet, bietet sie ein Beispiel für die Durchlässigkeit und die Synergiemöglichkeiten, die entstehen, wenn

forschendes Lernen, Forschung und Weiterbildungsangebote für Unternehmen an einem Ort stattfinden können. Sie ist zudem, wenn auch mit Mitteln aus dem Maschinenbau heraus gegründet, eine fakultätsübergreifende Einrichtung. Die technischen und gesellschaftlichen Transformationsprozesse, die mit den Begriffen Industrie 4.0 und Digitalisierung bezeichnet werden, greift die HTWG jedenfalls in vielerlei Hinsicht auf.

„Wir möchten die Studierenden auf Industrie 4.0 vorbereiten“ nennt Carsten Schleyer zwar als Ausgangspunkt für die Einrichtung der Modellfabrik und sieht in ihr die idealen Voraussetzungen dafür. Diese ist, wie ihr Name schon besagt, aber mehr als eine innovative Lernfabrik. „Ohne Forschung keine tragfähige Lehre“, davon ist Schleyer überzeugt. „In der Modellfabrik werden durch forschendes Lernen Lösungen selbst erarbeitet, die Themen und Fragestellungen sind topaktuelle, die es auch in den Unternehmen erst herauszufinden gilt. Daher heißt die Einrichtung auch Modell- und nicht Lernfabrik“.

Über das Ausprobieren an echten und industrienahen Produkten – ein relevanter Vorteil, so Kurth und Schleyer – arbeiten Studierende sich in die Zusammenhänge der Digitalisierung und die Abläufe einer digitalisierten Produktion ein, erfahren aber auch am Objekt selbst viel über das Arbeiten im Zeitalter Industrie 4.0: über Individualisierungsmöglichkeiten der Produktion, die Anforderungen an die Lieferantenkette und vieles mehr.



Abb. 1: Studierende arbeiten an vernetzten und individuell programmierbaren Arbeitsplätzen

Die „echten Produkte“, das sind bislang Elektromotoren-Getriebe in 288 Varianten, seit Neuestem aber nun auch hochautomatisierte kleine Fahrzeuge. Und das Zukunftsprojekt heißt cyber physical systems², intelligente Fahrzeuge, die über komplexe Dateninfrastrukturen (embedded systems) vernetzt kommunizieren.

Ziel der Modellfabrik ist eine optimierte Produktion zu erreichen und zu veranschaulichen. Die Probleme und Fragen, die hier auftauchen, entsprechen exakt den realen Herausforderungen in Unternehmen: Welche Technologien sollen wie eingesetzt werden? Wie können die nötigen Komponenten beschafft werden, um ein optimales Automatisierungssystem aufbauen zu können? Wie entwickelt sich das Verhältnis von Produktionsmöglichkeiten, Kundenwünschen, Lieferbedingungen, Logistik usw.?

Hier setzt auch die Notwendigkeit an – und dies betonen Kurth und Schleyer mehrfach – multidisziplinär zu denken und zu arbeiten: Sie möchten einen Ort der Begegnung zwischen Studierenden, Forscher/innen, Lehrenden und Unternehmen bieten. Nebst Fragen des Maschinenbaus und der Informatik knüpfen zahlreiche weitere Fachgebiete an, für die Herr Schleyer einige Beispiele und Zielgruppen aufführt: So können Masterstudierende aus der Elektro- und Informationstechnik, der Architektur, aber auch aus Kommunikationsdesign die jeweiligen Anforderungen der Digitalisierung erfahren. Der Anschluss zum Wirtschaftsrecht liegt mit Patentierungsthemen zur customized production auf der Hand; Fragen der Cloud Security müssen genauso datenschutzrechtlich wie informationstechnologisch behandelt werden. Auch spielt die Expertise der Gesundheitsinformatik eine Rolle, wenn es um die Arbeitsplatzgestaltung geht.

Auftragseingang und Produktionsprozesse in der Cloud, Customizing über eine App, die künftige „verteilte Fabrik“ und die immensen, damit verbundene Datenmengen – all diese Veränderungen anzudenken zeigt, dass auch die Sozial- und Wirtschaftswissenschaften gefragt sind: Patentrecht, Datenschutzrecht, der Arbeitsplatz der Zukunft, ethische und arbeitsrechtliche Aspekte wie u.a. Arbeitsplatz-Compliance oder Überwachungsmöglichkeiten des Mitarbeiters – Fragen, die in ihren Zusammenhängen gedacht und Modelle, die entworfen werden müssen.

Forschenden Professor/innen aus unterschiedlichen Disziplinen, denen ein reales Objekt wie zum Beispiel Produktionsdaten fehlt, finden hier eine Testumgebung vor. Zugleich ist die (wie zum Beispiel) Modellfabrik eine Demonstrationsumgebung auf dem Campus. Die Modellfabrik richtet sich ebenso an Unternehmen, zum einen für die Weiterbildung, Stichwort „Lebenslanges Lernen“: Mitarbeiter/innen können, vor Ort oder Inhouse, allgemeine oder auf den individuellen Bedarf abgestimmte Schulungen bekommen. Zum anderen bieten die Professoren Beratung zu passenden Digitalisierungsstrategien für einen Betrieb an



Abb. 2: Prof. Kurth konfiguriert das CPS-Fahrzeug mit einem Studierenden

– genaue Analysen, welche Maßnahmen er in nächster Zukunft umsetzen könnte und sollte und wie diese aufeinander abgestimmt sein müssen.

Denn die Umstellung ist, das unterstreicht Herr Kurth, einerseits sehr kosten-, know-how- und personalaufwendig, andererseits nötig, um auf längere Sicht im Wettbewerb bestehen zu können. Dies gilt beispielsweise für Zulieferer, deren Kunden in Zukunft ein Mindestmaß an Transparenz erwarten werden, um genauer zu planen und flexibler reagieren zu können. Auf Dauer sollten sich die Kosten reduzieren und ein Zusatznutzen einstellen, zumal die Automatisierung in den letzten Jahren wesentlich günstiger geworden ist und der Trend in Richtung open source software zeigt. Auch werden sich Projektabwicklungen verändern, all diese Fragen müssen sowohl in den Unternehmen als auch in der Lehre verankert und eingeübt werden.

Der Forschungsbedarf erstreckt sich also auf verschiedene noch lückenhafte Bereiche, wobei „die Lücke selbst Forschungsbedarf hat“, wie Herr Kurth schmunzelnd hinzufügt.

Eine weitere Komplexität liegt darin, dass die Lean-Production Kontinuität in den Prozessen verlangt und in die Automatisierung übernommen werden muss. Auf Anforderungen der Zukunft eingehen bedeutet aber, eine wesentlich höhere Flexibilität herzustellen. Beispielsweise ein Abrücken von einer reinen Produktionsperspektive, erläutert Herr Schleyer. Beide Professoren weisen zudem darauf hin, dass die Digitalisierung ein Unternehmen quasi automatisch dazu nötigt, sein Geschäftsmodell genauestens zu überdenken und neue Geschäftsmodelle ins Unternehmen zu bringen. Sie veranschaulichen dies an einem Beispiel: von der Produktion von Druckern, also reiner Hardware, über die Produktion von Druckern und deren Patronen (Hardware und Services) entwickelt sich das einträglichste der Geschäfte hin zu den Daten und deren Analyse. Neue Geschäftsideen müssen also unbedingt bereits in die Produktionsplanungen eingehen. Nach der Vernetzung innerhalb des Unternehmens wird nun der nächste Schritt die Vernetzung der Unternehmen mit den Kunden und der Unternehmen untereinander sein.

Angesichts der hier nur angedeuteten Komplexität ist nicht von einem absoluten Verlust an Arbeitsplätzen im Zuge der Automatisierung auszugehen, sondern „von einer Entwicklung in Richtung Höherwertigkeit der Arbeitsplätze“, prognostiziert Herr Kurth. Die Initiatoren und Betreiber der Modellfabrik wünschen sich, den Bedarf an qualifizierten und hochwertigen Arbeitsplätzen in der Bodenseeregion zu halten und auszubauen. Dies ist auch ein Ansinnen des Staatsministeriums Baden-Württemberg, das den Aufbau der Modellfabrik finanziell unterstützt hat. Da der Flexibilisierungstrend auch die Zunahme der customized products umfasst, rechnen die beiden Professoren mit einer künftigen Rückverlagerung der Wertschöpfungskette in die Nähe der Kunden und mit starken (Rück-)verlagerungen nicht nur der aktuellen Produktionsorte, sondern auch der Kosten. Diese Aussichten bereiten zum Beispiel China Sorgen, so berichtet Herr Schleyer, weswegen dort auch und bereits mit aller Kraft an Digitalisierungsstrategien gearbeitet wird.

Die beiden Professoren machen deutlich, dass der Zugzwang sehr hoch ist und nicht nur der regionale, sondern der globale Vergleich herangezogen werden muss. „Die Digitalisierung ist schon längst da“, sagt Herr Schleyer, „ab sofort braucht die Industrie, brauchen die Betriebe dafür ausgebildete Absolventinnen und Absolventen.“

Kurth und Schleyer wünschen sich, dass die Modellfabrik eine Einrichtung ist, die zum einen eine fachübergreifende und methodeninnovative Lehre ermöglicht. Derzeit werden von Herrn Prof. Ihlenburg Mini-Moocs entwickelt und wird an der Ausgestaltung von Wahlpflichtfächern gearbeitet. Zum anderen zeigen und wünschen die Professoren, dass dort eine hochschulweite und disziplinübergreifende Diskussion rund um Industrie 4.0 lebendig gestaltet werden kann. Eine der Möglichkeiten dazu bot das im Frühjahr 2016 gegründete und an der HTWG angesiedelte Bodensee-Zentrum Industrie 4.0: das Zentrum hat im Juni 2016 in einer Veranstaltung aus der Reihe „Bodenseedialog 4.0“ die Modellfabrik vorgestellt, die im September auch Gast auf der Sindex, der Schweizer Messe für Automatisierung in Bern war. Die Modellfabrik bietet zudem vielfältige Anknüpfungspunkte mit dem Open Innovation Lab an der HTWG, das von Prof. Oliver Fritz, Professor für CAD, ins Leben gerufen wurde und vielfältige Möglichkeiten der Zusammenarbeit bietet. Beide Einrichtungen fördern das forschende Lernen, den Dialog zwischen den Disziplinen in der Forschung und die Schaffung von Rahmen für innovatives Denken und Arbeiten.

Wenn Sie Interesse an einer Besichtigung der Modellfabrik haben, können Sie sich an Herrn Daniel Feuser wenden.
Tel.: + 49 (0) 7531 206-9037
E-Mail: dfeuser@htwg-konstanz.de

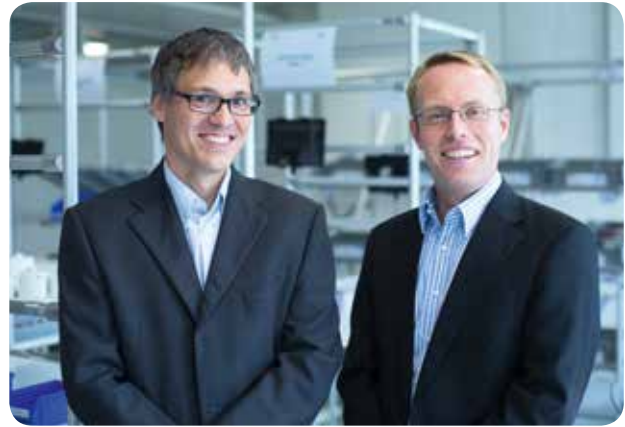


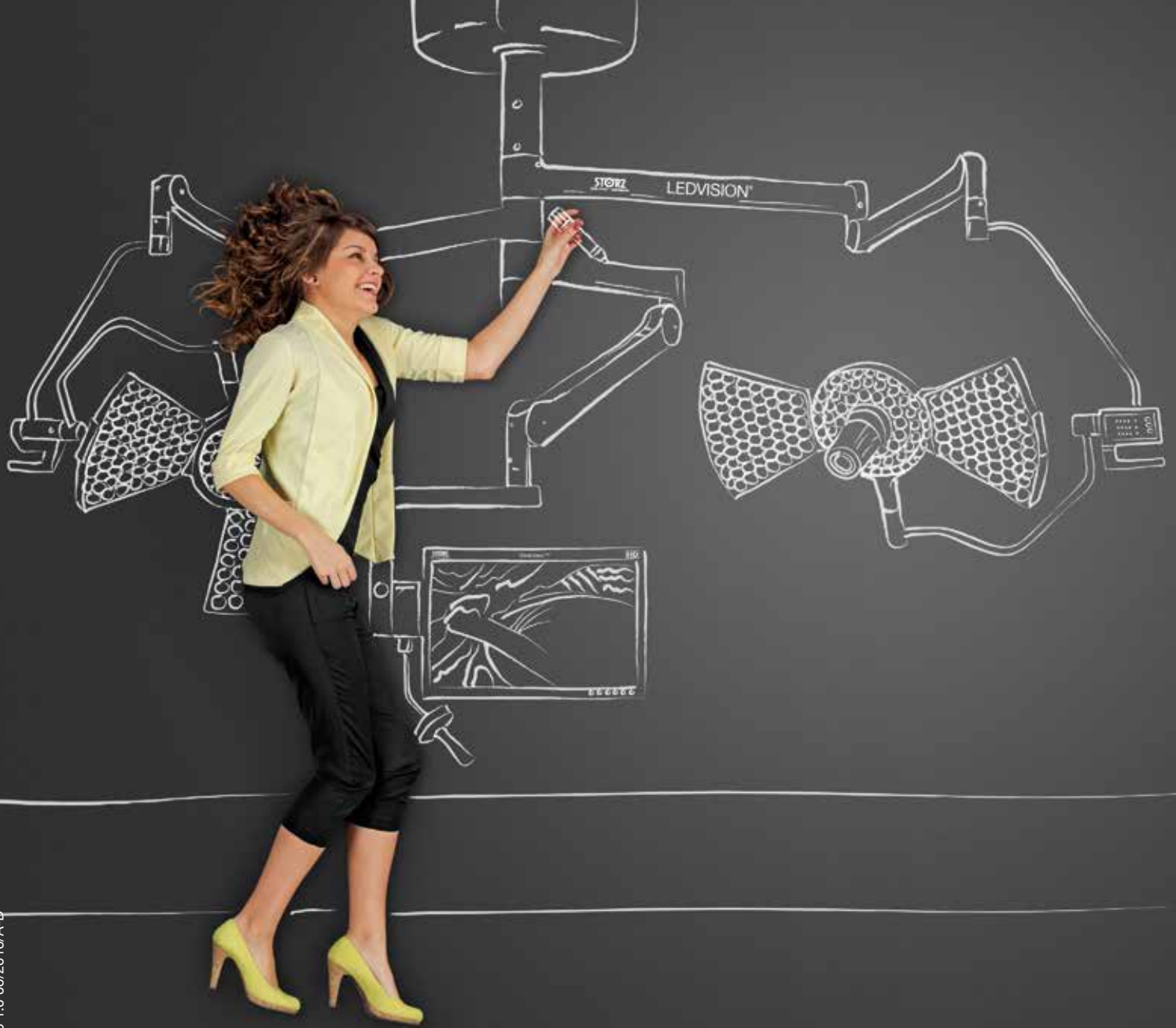
Abb. 3: Marcus Kurth und Carsten Schleyer, die Initiatoren der Modellfabrik Bodensee Industrie 4.0

Interview: *Géraldine Kortmann*

Quellen

[1] Informationen zum Lean Production Labor:
www.htwg-konstanz.de/Lean-Production.6925.0.html

[2] engl. „cyber-physical system“ (CPS), bezeichnet den Verbund informatischer, softwaretechnischer Komponenten mit mechanischen und elektronischen Teilen, die über eine Dateninfrastruktur, wie z. B. das Internet, kommunizieren. Ein cyber-physisches System ist durch seinen hohen Grad an Komplexität gekennzeichnet.



HR 6 1.0 06/2016/A-D

Wir sehen in die Zukunft – Spitzenleistung aus Tradition!

Wir sind ein international führender Hersteller von hochwertigen Spezialprodukten der Medizintechnik und beschäftigen weltweit in über 40 Ländern mehr als 7.100 Mitarbeiter. Wir bieten kontinuierlich spannende Themen für Praktika und Abschlussarbeiten in verschiedenen kaufmännischen und technischen Bereichen an.

Schau doch rein unter www.karlstorz.com

*Generation
Education*

STORZ
KARL STORZ – ENDOSKOPE


Prof. Cengiz Dicleli

geboren 1943 in Istanbul, Studium des Bauingenieurwesens an der TU Berlin. Von 1970–1975 Mitarbeiter im Ingenieurbüro für Bauwesen in Berlin, von 1975–1986 wiss. Mitarbeiter an der Universität Dortmund an den Lehrstühlen für Tragkonstruktionen und Stahlbau. 1986–2009 Professor für Tragkonstruktionen an der HTWG Konstanz in der Fakultät Architektur und Gestaltung, seit 2006 Mitglied des Instituts für Angewandte Forschung an der HTWG Konstanz. Zahlreiche Veröffentlichungen und Vorträge zur Bautechnikgeschichte und Geschichte der Gestaltung von Ingenieurbauten.

Schicksal der Freybrücke – ein Baudenkmal wurde entsorgt

Cengiz Dicleli

1. Zur Vorgeschichte der Freybrücke

Nachdem Architekten lange nur Steinbauten als geeignete Wahl für städtebauliche Aufgaben angesehen hatten, etablierte sich am Anfang des 20. Jahrhunderts der Stahlbau als eine anerkannte Bauweise auch für Bauten in der Stadt. In dieser Umbruchphase rangen Architekten und Bauingenieure um die Vorherrschaft bei den Ingenieur- und Industriebauten.

Einer der aktivsten und fähigsten Stahlbauer in Berlin war Karl Bernhard^{1,2}, der an der TH Hannover bei Lehrern wie Barkhausen und Müller-Breslau studiert und sich bei Brücken- und Industriebauten einen Namen gemacht hatte. Er hatte u.a. beim Kaisersteg in Oberschöneweide im Südosten von Berlin mitgewirkt und unweit davon, in Treskow, 1903 eine Fachwerkbogenbrücke „ganz ohne Mitwirkung von Architekten“ gebaut, für die er ein neues Tragsystem entwickelt hatte. Es handelte sich um einen Durchlaufträger über drei Felder mit einem Bogen im Mittelfeld, an dem die Fahrbahn abgehängt wurde, die an den beiden äußeren Feldern über dem Fachwerkträger verlief³. Ganz nach seinem Gestaltungsprinzip, wonach bei den Stahlbauten „die Schönheit in der Sache selbst liegen“ soll, nämlich „in den schönen Verhältnissen der Linienführung, der Flächenbildung und der Raumgestaltung“⁴, hatte Bernhard die Konstruktion der Treskowbrücke ganz ohne dekorativen Zierrat entworfen (Bild 2). Seine Leistung wurde auch von Architekten wie Paul Bonatz



Bild 1: Karl Bernhard²⁷



Bild 2: Treschowbrücke²⁸

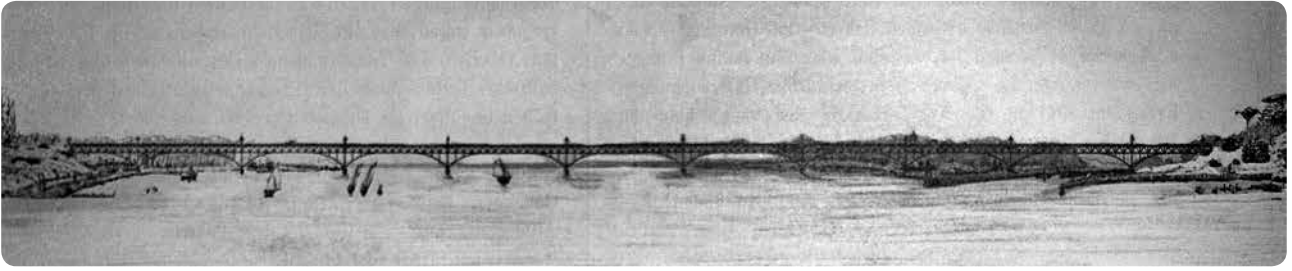


Bild 3: Heerstraßenbrücken; Bernhards erster Entwurf²⁹

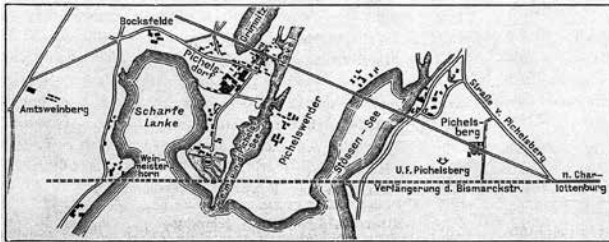


Bild 4: Heerstraßenbrücken; alternative Straßenführung³⁰

gewürdigt: „Die ganze Brücke ist in ihrem Mangel an Zutaten und ihrer schönen Linienführung eine Freude für das Auge“⁵.

Aufgrund seiner Erfolge als ausgewiesener Brückenbauer erhielt Karl Bernhard 1908 den Auftrag, im Zuge des Gesamtprojekts Döberitzer Heerstraße die Weiterführung der Heerstraße durch die Havelniederung zu planen.

Dieses Projekt ging auf den Charlottenburger Architekt Ludwig Hercher zurück. 1898 hatte er vorgeschlagen, die Bismarckstraße, wie bei der Straße Unter den Linden, auf 60 m zu verbreitern und sie nach Westen bis zum Stößensee geradlinig zu verlängern⁶. Damit sollte die Residenzstadt nach dem Beispiel von London und Paris eine insgesamt 12 km lange großstädtische Prachtstraße von Pichelswerder bis zum Stadtschloß bekommen. Ferner sollte durch diese Maßnahme der Kurfürstendamm für den Verkehr in Richtung Grunewald entlastet werden⁷. Diese Idee wurde auch von Wilhelm II. unterstützt, der an einer weiteren Verlängerung des geplanten Straßenzuges in westlicher Richtung interessiert war, damit bei militärischen Bewegungen zwischen Berlin und dem Truppenübungsplatz in Döberitz der Umweg über Spandau vermieden werden konnte⁸.

Um vom Berliner Schloss bis Döberitz eine vollkommen geradlinige Verbindung zu schaffen, hätte eine im Ganzen 1206 m lange Überbrückung des Stößen- und der Scharfen Lanke in Kauf genommen werden müssen (Bild 3). Diese Maßnahme hätte unverhältnismäßig hohe Kosten verursacht. Daher schlug Karl Bernhard in einem Alternativentwurf vor, die Heerstraße am Pichelsberg ca. 25° nach Nordwesten abknicken zu lassen und im Stößensee einen Damm von rund 450 m Länge aufzubauen (Bild 4, 5). Dadurch kam man mit den beiden Brücken über den Stößensee (100 m) und über den Havelkanal (174 m) aus, womit die Kosten erheblich reduziert werden konnten.

Beide Brücken wurden 1909 fertiggestellt. 1913 wurde die Havelbrücke in Freybrücke umbenannt, wodurch der Oberbaurat Adolf Frey für seine Verdienste bei der Realisierung des Gesamtprojekts Döberitzer Heerstraße geehrt werden sollte.

Bernhard beschreibt sehr eingehend, wie sorgfältig er sich auch mit den gestalterischen und städtebaulichen Voraussetzungen und Auswirkungen der Gesamtmaßnahme beschäftigt hat: „Die Überbrückung des Haveltales durch die Döberitzer Heerstraße hatte eine Reihe von Vorstudien erfordert, um die vorliegende Aufgabe in wirtschaftlicher und schönheitlicher Hinsicht befriedigend zu lösen. Zu dem Zwecke waren bereits sämtliche Vorentwürfe von dem Verfasser soweit durchgearbeitet, dass die verschiedenen Möglichkeiten ohne weiteres als prüfungsfähige Vorlagen den entscheidenden Verwaltungen zur Verfügung standen“⁹. Ferner erläutert er den Grund seiner auf den ersten Blick seltsam anmutenden Wahl des Tragsystems für die Stößenseebrücke: „Dabei sollte Rücksicht darauf genommen werden, den steilen grünen Hang des Grunewaldes, an welchem



Bild 5: Stößenseebrücke mit aufgeschüttetem Damm³¹



Bild 6: Turbinenhalle der AEG in Berlin³²

sich die herrliche Landstraße entlang zieht, tunlichst in seiner Natur zu schonen und deshalb den Durchblick so frei wie möglich zu lassen“¹⁰. Diese Überlegung führte Bernhard dazu, für die mittlere Unterstützung des an den beiden Ufern gelenkig gelagerten Hauptträgers auf einen sonst üblichen gemauerten Pfeiler zugunsten eines gelenkig gelagerten transparenten Stahlfachwerks zu verzichten. Mit der gleichen gestalterischen Sorgfalt wählte Bernhard auch die einzelnen Profile der Konstruktion möglichst schlank, um die schöne Taldurchsicht möglichst nicht zu beeinträchtigen (vgl. Bild 5).

Zeitgleich mit den beiden Schwesterbrücken wurde auch die Turbinenhalle der AEG 1909 fertiggestellt, die Bernhard zusammen mit dem Architekten Behrens gebaut hatte (Bild 6). Es liegt wohl in der Natur der Sache, dass Behrens die Kunst- und Architekturkritiker sogar mit einer Schiefstellung der Fassadenfenster an der Ostseite der Halle begeistern konnte, während diese Fachleute zu der gestalterischen Sorgfalt des Bauingenieurs Bernhard keinen Zugang fanden.

2. Der Entwurf und die konstruktive Gestaltung der Freybrücke

Während die Stößenseebrücke ein verhältnismäßig tiefes Tal überbrückte, wodurch die Fahrbahn oberhalb der Fachwerkkonstruktion angeordnet werden konnte, hat sich Bernhard bei der Havelbrücke für eine obenliegende Bogenkonstruktion für die Hauptöffnung entschieden, um die für den Schiffsverkehr geforderte Durchfahrthöhe von 4,00 m einhalten zu können (Bild 7). In den Seitenöffnungen ist das Tragwerk unter der Fahrbahn angeordnet. Bernhard weist darauf hin, dass dieses System „letzten Endes als eine Weiterentwicklung der ebenfalls von ihm entworfenen Treskowbrücke mit einem Bogenträger über der Fahrbahn der Mittelöffnung mit unter der Fahrbahn liegenden Trägern in den beiden Seitenöffnungen“ angesehen werden



Bild 7: Havelbrücke (Freybrücke)³³

kann¹¹. Bei der Havelbrücke mit fünf Öffnungen wählte er allerdings aus Rücksicht auf den setzungsempfindlichen Boden einen durchlaufenden Träger, der als Gerberträger mit einem innerlich statisch unbestimmten Bogen mit Zugband im Mittelfeld und mit je zwei Gelenken in den angrenzenden Seitenfeldern statisch bestimmt gelagert war (Bild 8, 9)(Abb. Tragsystem) (Abb. verschiebliches Gelenk). Der ganze Überbau enthielt nur ein festes Lager, und zwar der stromabwärts gelegene Hauptträger auf dem rechten Landpfeiler, alle anderen Lager waren längsbeweglich beziehungsweise schräg- und querbeweglich, wobei die Gelenke Kräfte in der Längsrichtung der Brücke übertragen konnten.

Die Bogenform der Hauptträger legte Bernhard in Betracht der Hängestäbe jeweils als Kettenlinien für entsprechende Einzellasten fest. Aus gestalterischen Gründen sah er von einem Verband zwischen den über die Fahrbahn hinausragenden Bogenträgern ab, weil „die Umrahmung der Fahrbahn bei ihrer außerordentlichen Breite eine sehr gedrückte Gestalt erhalten hätte“. Die Knicksicherheit der Bogenträger wurde deshalb durch kräftige Halbrahmen bestehend aus den Hänge- und Fahrbahnträgern gesichert.

Bernhard führt aus, dass er den „Aufbau des Tragwerks aus den gegebenen baulichen Bedingungen so natürlich wie möglich“ gestaltet hat und nicht den „einfacheren Weg“ gegangen ist, „aus Rücksicht auf einfachere Darstellungs- und Ausführungsarbeit [...] ein unnatürlich verwickeltes Eisengebinde zu schaffen“. Das ist für ihn „ein Beispiel dafür, dass nicht die Ausführungstechnik, sondern der spätere Eindruck des Bauwerkes aus Schönheitsrücksichten für die Gestaltung des Tragwerkes maßgebend sein soll“¹².

Vollständigkeitshalber sollte noch erwähnt werden, dass der gesamte Unterbau von der Fa. Ph. Holzmann und Ko. durchgeführt wurde, die die Luftdruckgründungen mit Hilfe von ihrer „bewährten“ hölzernen Arbeitskammern hergestellt hat.

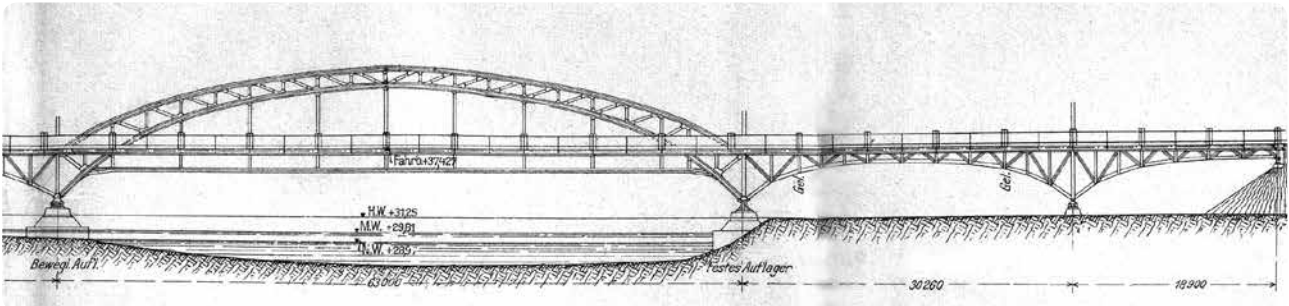


Bild 8: Ansicht Tragwerk³⁴

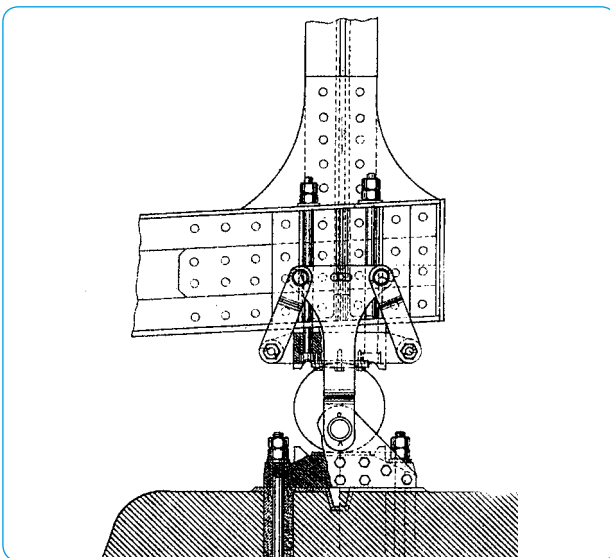


Bild 9: Bewegliches Gelenk³⁵

3. Freybrücke ist zu alt, zu niedrig, zu schmal

3.1 Projekt VDE Nr. 17 – alles muss breiter, tiefer, höher

Nach der Wende beschloss die Bundesregierung eine Reihe von groß angelegten Maßnahmen, um die Infrastruktur in den neuen Ländern, insbesondere die Verbindungen mit Westdeutschland auf Schiene, Autobahnen und Wasserstraßen auszubauen und zu modernisieren. Gebündelt wurden diese Bauvorhaben unter der Überschrift „Verkehrsprojekte Deutsche Einheit (VDE)“, die im April 1991 im Kabinett mit einem geschätzten Investitionsvolumen von 56 Milliarden DM verabschiedet wurden. Das ehrgeizige Programm enthielt insgesamt neun Eisenbahn- und sieben Autobahnprojekte. Mit dem einzigen Wasserstraßenprojekt VDE Nr. 17 wurde eine Bundesstraßenverbindung Hannover – Magdeburg – Berlin geplant, deren Kosten mit 2,04 Milliarden Euro veranschlagt wurden¹³.

Die geplanten Maßnahmen riefen umfangreiche Proteste seitens der Politik und der Bürger hervor, die die drohenden massiven Eingriffe in Natur, Wasserhaushalt, Landschaft und Stadtbild nicht hinnehmen wollten. Insbesondere musste in den

folgenden Jahren festgestellt werden, dass die Prognosen hinsichtlich der Zunahme des Wasserstraßenverkehrs sich nicht bewahrheitet hatten. Das Abgeordnetenhaus von Berlin stellte am 10.07.2008 fest, dass „die 1992 beschlossene Planung deutlich überdimensioniert war und eine Millionenverschwendung von Steuergeldern bedeutet hätte“, zumal „die auf dem Wasser transportierte Menge an Gütern seit den 1990er Jahren auf etwa ein Drittel zurückgegangen“ ist¹⁴. Daraufhin wurde das Planfeststellungsverfahren gestoppt.

Das hinderte den Senat von Berlin jedoch nicht daran, an seinem Plan festzuhalten, mehrere Brücken für die Binnenschifffahrt anzuheben, um dem zweilagigen Containerverkehr eine Durchfahrthöhe von 5,25 m zur Verfügung zu stellen¹⁵. Von dieser Maßnahme waren (und sind) in Berlin mehrere Brücken betroffen. So wurde 2004 die Mörschbrücke über den Westhafenkanal in Charlottenburg-Wilmersdorf, eine Stahlbetonbalkenbrücke, durch eine Stahlbogenbrücke ersetzt. Somit schmückt nunmehr der Name eines großen deutschen Stahlbetonbauers (Emil Mörsch, 1872–1950) diese Stahlbrücke in Berlin. 2009 wurde die Ludwig-Hoffmann-Brücke in Moabit erneuert. Dem gleichen Schicksal sind die Rohrdammbrücke und die Dischinger Brücke bis auf weiteres entkommen, weil das betreffende Planfeststellungsverfahren am 10.06.2011 zurückgenommen wurde. Beide sind baugeschichtlich wichtige Spannbeton-Rahmenbrücken der Firma Dywidag (Bild 10). Die Schulenburg- und die Charlottenbrücke waren bis zur Aufhebung des Planfeststellungsverfahrens ebenfalls auf der Liste der zu erneuernden und anzuhebenden Brücken.

3.2 Eine umstrittene Entscheidung – die Freybrücke wird dem Fiskus geopfert

All diese Einsichten konnten die Freybrücke nicht vor dem Abriss retten; auch nicht die Tatsache, dass sie seit 1971 in der Liste des Denkmalamtes Berlin mit der Nr. 09085598 eingetragen war. Die 1909 fertiggestellte, 1945 kurz vor dem Kriegsende „durch Auslösung der eingebauten Sprengladung durch eine Granate oder Fliegerbombe“¹⁶ zerstörte und 1951 wieder hergerichtete Brücke war sanierungsbedürftig, genauso wie die Stößenseebrücke mit der gleichen Vergangenheit. Doch während bei ihrer Schwesterbrücke „der Korrosionsschutz erneuert und die Lager ausgewechselt wurden, um die Standsicherheit zu erhalten“¹⁷, so

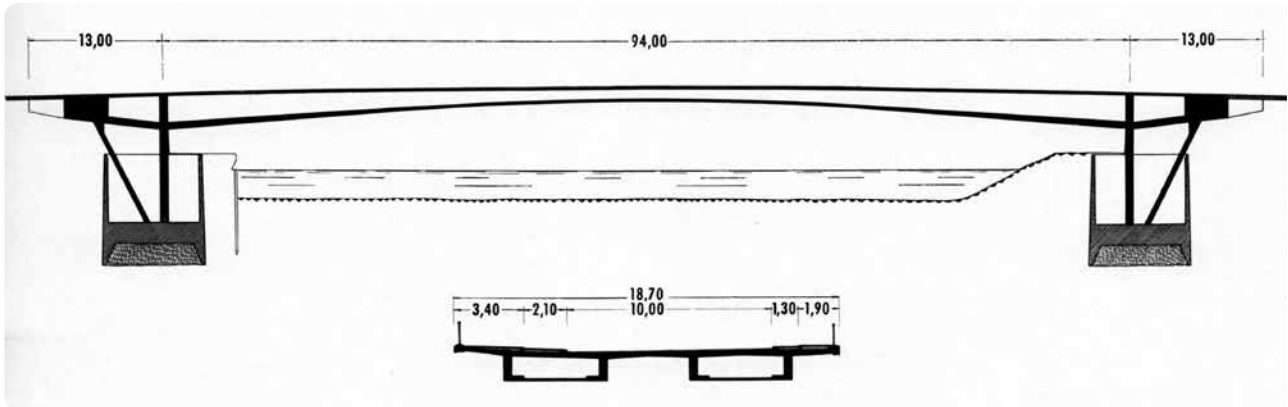


Bild 10: Werkbericht Dywidag³⁶

Eva-Maria Foth, damalige Leiterin des Objektbereichs Ingenieurbauwerke in der Senatsbauverwaltung, wurde bei der Freybrücke „nur das Nötigste gemacht“, weil der Senat seit 1993 mit dem Bund für einen Ersatzneubau in Verhandlungen stand. D.h. das Schicksal der Freybrücke wurde bereits 22 Jahre vor ihrem Abriss besiegelt und die Konstruktion bewusst dem Verfall überlassen, um im Jahre 2015 behaupten zu können, dass sie baufällig ist. Die Kosten für die Erneuerung des Korrosionsschutzes und das Auswechseln der Lager wie bei der Stößenseebrücke, hätte die Stadt Berlin tragen müssen. Für den Hauptanteil der Kosten für die Erneuerung der Freybrücke kommt jetzt der Bund auf, weil die Freybrücke nunmehr ein Teil des Verkehrsprojektes Deutsche Einheit Nr. 17 geworden ist. Das Argument, die Kosten für die Sanierung der denkmalgeschützten Brücke wären höher als Neubau, berücksichtigt, wie so oft in solchen Fällen, auch hier die in 22 Jahren „eingesparten“ Sanierungskosten nicht. Die Gesamtkosten betragen ca. 33,0 Mio. €. Davon trägt die Bundesfernstraßenverwaltung ca. 16,2 Mio. €, die Bundeswasserstraßenverwaltung ca. 11,4 Mio. €, das Land Berlin ca. 5,4 Mio. €¹⁸

Wegen dieser Entscheidung mussten die Berliner auf einer der Hauptverkehrsachsen der Stadt seit Anfang 2008 Geschwindigkeitsbegrenzungen auf 30 km/h und großräumige Umleitungen des Schwerlastverkehrs in Kauf nehmen (Bild 11). Bezeichnend dabei ist, dass die oben genannte Entscheidungskette in der Öffentlichkeit kaum kommuniziert wurde. Viel-

mehr wurde stets auf die (eigentlich selbstverschuldete) marode Struktur der Brücke hingewiesen. Die Tagespresse nahm die Gelegenheit gerne auf und titelte nicht selten: „Die Freybrücke in der Wilhelmstadt ist marode und wird erneuert“¹⁹, „Marode Frey-Brücke in Berlin – Wenn der Doppeldecker aber nun zu schwer ist“²⁰, „Brückensperrung in Berlin – Freybrücke stand 20 Jahre auf der Bauliste“²¹ oder „Freybrücke sorgt weiterhin für Verkehrsprobleme“²². Auf die Tatsache, dass die Freybrücke denkmalgeschützt ist, wurde in den Berichten und Kommentaren kaum noch hingewiesen.

3.3 Erfolgreicher Widerstand: „Wir brauchen keine Wasserautobahn!“

1999 verglich ein Gutachten Instandsetzungs- und Neubauvarianten für die Brücke und kam zu dem erwarteten Ergebnis, dass „bei einer Erhaltung und Instandsetzung der vorhandenen Brücke deshalb mit Kosten in Größenordnung eines Ersatzneubaus zu rechnen ist“²³. Nicht erwähnt wurde jedoch, dass der schlechte Zustand des Bauwerks der Tatsache geschuldet ist, dass die erforderliche Sanierung im Gegensatz zu der Stößenseebrücke seit langem vorsätzlich nicht durchgeführt wurde.

Dabei hatte es an jahrelangen Kritiken und heftigem Widerstand gerade auch von der Spandauer Seite nicht gemangelt. Ralf Salecker berichtete z.B. bereits am 30.09.2009: „Nach Messungen eines Ingenieurbüros vor einigen Jahren scheint diese Durch-



Bild 11: Durchfahrtsbeschränkung an der Freybrücke³⁷



Bild 12: Animation des Neubaus³⁸

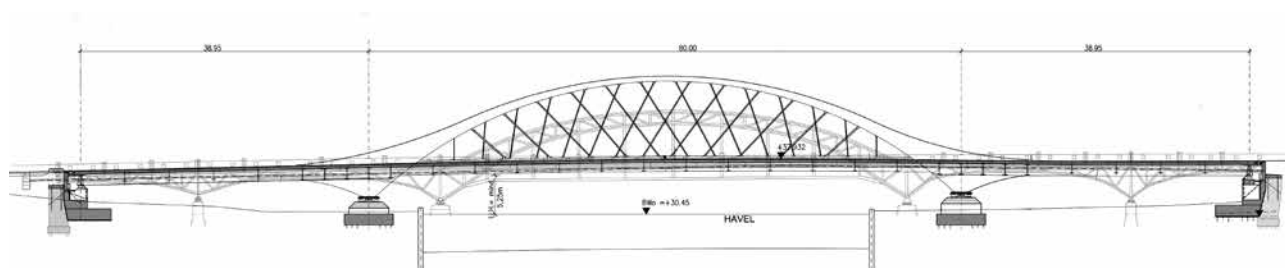


Bild 13: Ansicht des Tragwerks: Ausführungsplanung³⁹

fahrtshöhe (5,25 m) schon längst gegeben zu sein²⁴. Andernfalls wäre die geforderte Höherlegung der historischen Konstruktion aufgrund der statisch bestimmten Lagerung mit vertretbaren Mitteln wahrscheinlich auch möglich gewesen. Auch die anstehende Verbreiterung der Fahrrinne zwischen den Brückenauflagern wäre eigentlich längst hinfällig, weil schon vor Jahren festgestellt wurde, dass die Begegnung großer Schubverbände in Berliner Gewässern nicht mehr als zweimal in der Woche stattfindet. Der Spandauer SPD-Abgeordnete Daniel Buchholz verlangte 2009 auf seiner Homepage: „Projekt 17: Überdimensionierten Ausbau von Havel und Spree verhindern!“²⁵.

Auch Bündnis 90/Die Grünen forderten auf ihrem Landesparteitag vom 6. Oktober 2007 erfolglos: „Wir brauchen keine Wasserautobahn! Projekt 17 Deutsche Einheit zum Ausbau der Wasserstraßen jetzt qualifiziert abschließen“²⁶. Mit den bereits durchgeführten und laufenden Baumaßnahmen würden Havel und Spree dem aktuellen und zukünftigen Bedarf der Schifffahrt mehr als gerecht.

Der Planfeststellungsbeschluss für den Ersatzneubau der Freybrücke erfolgte am 1. Juli 2010, womit sämtliche Einwendungen – viele auch wegen der befürchteten Lärm- und Staubbelastung und sonstiger Unannehmlichkeiten während der Bauphase – rechtskräftig abgewiesen wurden.

3.4 Abriss und Ersatzneubau der Freybrücke

Die Ausschreibung für den Neubau der Freybrücke durch die Senatsverwaltung für Stadtentwicklung erfolgte am 18.08.2006 mit dem Dokument Nr. 168686-2006 mit der Maßgabe, dass eine Durchfahrtshöhe von ca. 5,25 m über dem oberen Betriebswasserstand einzuhalten sowie eine Verbreiterung der Schifffahrtsöffnung um insgesamt 12,90 m vorzusehen ist.

Vorgesehen war eine 164 m lange, entsprechend der Originallösung fünffeldrige Brücke. Gemäß Abstimmung mit der Denkmalschutzbehörde sollte der Neubau dem Erscheinungsbild der vorhandenen Brücke entsprechen und der Brückenneubau baugestalterisch begleitet werden.

Für die Ausführung wurde der Entwurf der BUNG Ingenieure AG Niederlassung Berlin gewählt, der das Hamburger Architekturbüro PPL GmbH als baugestalterischer Berater zur Seite stand. (Bild 12, 13)

Der Entwurf orientiert sich entsprechend der Ausschreibung sowohl geometrisch als auch bei der Wahl des Tragsystems am historischen Vorbild. Gewählt wurde für die Hauptöffnung allerdings ein Stahlvollwandbogen mit einem Kastenquerschnitt, dessen Abmessungen sich zur Bogenmitte hin verjüngen. Die Fahrbahnkonstruktion, bestehend aus Haupt- und Nebenträgern aus Stahl, die eine 42 cm starke Stahlfahrbahnplatte tragen – und auch das ist anders – wird an den Bogen mit schrägen, sich kreuzenden Flachstahlhängern abgehängt. Die Gesamtbreite der neuen Brücke mit fünf Fahrstreifen und beidseitigen Geh- und Fahrradwegen beträgt 24,50 m. Beim Neubau läuft der Träger statt wie bisher über fünf nun lediglich über drei Felder, wodurch sich die Spannweiten der einzelnen Öffnungen vergrößert haben. Das Mittelfeld überbrückt nunmehr 80 m statt 63 m wie bisher. Mit den beiden 38,95 m langen Seitenfeldern addiert sich die Gesamtlänge der Brücke auf 157,90 m.

Der Planfeststellungsbeschluss erfolgte 2010. 2014 wurde eine vierspurige Behelfsumfahrung fertiggestellt und der Verkehr umgeleitet, so dass mit dem Abbruch (Bild 14, 15) der bestehenden Brücke begonnen werden konnte. Das Einschwimmen und die Montage der bereits vorgefertigten und an der Havel bereitgestellten Brückenteile wurden ab Herbst 2015 vorgenommen, die neue Brücke soll noch im Jahr 2016 dem Verkehr frei gegeben werden.

4. Ironie der Geschichte – das Geländer als Alibi

Das Spandauer Volksblatt meldete am 9. April 2015: „Gute Nachricht gibt es (...) für die Liebhaber der historischen Freybrücke: Rund 250 Meter des alten Geländers der im März abgerissenen Brücke werden in der Wilhelmstadt wieder ihren Platz finden. Künftig wird das historische Geländer den neuen Uferweg zur Havel hin abgrenzen.“ Karl Bernhard hatte seine Brücke ganz nach dem Prinzip der Einfachheit entworfen, wonach, wie oben bereits erwähnt, die Schönheit in der Sache selbst liegen sollte, nämlich in den schönen Verhältnissen der Linienführung, der Flächenbildung und der Raumgestaltung. 1910, im Zeitalter des auslaufenden Jugendstils wurden bei der Brücke lediglich die Geländer, von wem auch immer, wenn auch sehr zurückhaltend, etwas „künstlerisch“ gestaltet (Bild 16). Es ist eine Ironie der Geschichte, dass man sich bei den denkmalschützerischen Überlegungen im Zusammenhang mit dem Abriss der Brücke



Bild 14: Abbruch der Brücke ⁴⁰

just auf diese Geländer kapriziert hat. Nun wurde überprüft, ob man sie bei der neuen Brücke gebrauchen könnte, um beim Neubau „den Gesamteindruck einigermaßen zu wahren“. Dies wurde allerdings aus „sicherheitstechnischen Gründen“ abgelehnt, wodurch das alte Geländer jetzt einen Uferweg verschönern darf. Die Brückenbauer beklagen ohnehin, dass meist das Geländer einen Hauptstreitpunkt einer Brücke darstellt, weil die vielen Fachleute, die glauben, Brücken ästhetisch bewerten zu können, mehr vom Geländer aber nicht von der eigentlichen Konstruktion verstehen.

Immerhin kann man dem Bericht entnehmen, dass es offensichtlich Liebhaber der alten Freybrücke geben muss. Ob sie sich auf diese Nachricht wirklich freuen können, mag dahingestellt sein.

5. Resümee

Die denkmalgeschützte Freybrücke wurde aus vermeintlich wirtschaftlichen Gründen abgerissen, obwohl aus verschiedensten Seiten auf die Nachteile der geplanten Maßnahme und auf mögliche Alternativen mit Nachdruck hingewiesen wurde. Dass die Rettung der Freybrücke möglich gewesen wäre, hatte der Senat mit der erfolgreichen Sanierung und Erhaltung der Stößenseebrücke und der Stubenrauch Brücke – ebenfalls ein Werk von Karl Bernhard – bereits bewiesen. In Wahrheit wurden die Vorgaben des Projekts VDE Nr. 17 lediglich vorgeschoben, damit Berlin die Sanierungskosten der historischen Brücke nicht tragen musste. Dieser eigentliche Beweggrund wurde in der Öffentlichkeit kaum kommuniziert.

In einer Stadt wie Berlin, wo ein vorhandenes Gebäude (Palast der Republik) abgerissen wurde, um ein längst verschwundenes altes Gebäude (Stadtschloss) neu zu errichten, müsste es auch möglich sein, für die Erhaltung eines Denkmals der Ingenieurbaugeschichte ev. Mehrkosten in Kauf zu nehmen. Auch



Bild 15: Eine traurige Szene ⁴¹



Bild 16: Geländer der Freybrücke ⁴²

wenn mit der neuen Konstruktion der Freybrücke den Entwurfsverfassern eine sehr ansprechende und moderne Interpretation des Bernhardschen Entwurfs gelungen ist – Denkmalschutz geht anders!

Der vorliegende Aufsatz ist mit einem anderen Layout erschienen in der Zeitschrift Stahlbau 85 (2016), Heft 2, S. 161 ff, Verlag Ernst & Sohn.

Literatur/Bildnachweise

- [1] Diceli, C.: Der Bauingenieur Karl Bernhard, Bautechnik 87 (2010), Heft 4
- [2] Kurrer, K-E.: Karl Bernhard. Ein vergessener Meister der Ingenieurbaukunst, Stahlbau 84 (2015), Heft 8, S. 605
- [3] Diceli, C.: S. 223
- [4] Bernhard, K.: Eisenbaukunst. Der Bauingenieur 1, 1920, S. 15.
- [5] Bonatz, P.: Architektonische Rundschau 1907, S. 46.
- [6] Hercher, L.: Die Entwicklung Gross-Berlins im Westen, Coblenz 1899
- [7] Frey, A.: Döberitzer Heerstraße, Zeitschrift für Bauwesen Nr. 61, 1911, S. 322-358
- [8] Kalender, U.: Die Geschichte der Verkehrsplanung Berlins, Köln 2012
- [9] Bernhard, K.: Stößensee- und Havelbrücke im Zuge der Döberitzer Heerstraße, Zeitschrift für Bauwesen Nr. 61, 1911, S. 322-358
- [10] Bernhard: ebd.
- [11] Bernhard: ebd.
- [12] Bernhard: ebd.
- [13] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Sachstandsbericht Verkehrsprojekte Deutsche Einheit, Juni 2014
- [14] Abgeordnetenhaus Berlin: Drucksache 16/2145, 19.02.2009, S. 1
- [15] Abgeordnetenhaus Berlin: ebd., S. 2
- [16] Bauwerksakte 08032 FREY-Brücke
- [17] Loy, T.: Freybrücke stand 20 Jahre auf der Bauliste, Der Tagesspiegel 20.01.2014
- [18] Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes, Pressemitteilung 17052013
- [19] Spandau heute – Unterwegs in Spandau vom 15.08.2012
- [20] Der Tagesspiegel vom 26.01.2014
- [21] Der Tagesspiegel vom 20.01.2014
- [22] Unterwegs in Spandau vom 02.02.2014
- [23] Kleine Anfrage des Abgeordneten Daniel Buchholz (SPD) vom 21. Februar 2012: Ist der vollständige Neubau der Freybrücke wirklich alternativlos?
- [24] Spandau heute – Unterwegs in Spandau vom 30.09.2009
- [25] http://www.daniel-buchholz.de/umwelt/projekt_17_ausbau_von_havel_und_spree.htm
- [26] http://gruene-pankow.de/userspace/BE/kv_pankow/Bilder/LDKs/LDK_Berliner_BuendnisgruenenBericht_wettlaufer.pdf
- [27] Der Bauingenieur 1929, Heft 45, S. 794
- [28] Die Treskow-Brücke zu Oberschöneweide bei Berlin, 1905
- [29] Stößensee- und Havelbrücke im Zuge der Döberitzer Heerstraße, Zeitschrift für Bauwesen 1911, S. 324, Abb. 2
- [30] Stößensee- und Havelbrücke im Zuge der Döberitzer Heerstraße, Zeitschrift für Bauwesen 1911, S. 323, Abb. 1
- [31] Stößensee- und Havelbrücke im Zuge der Döberitzer Heerstraße, Atlas zur Zeitschrift für Bauwesen 1911
- [32] Diceli
- [33] Diceli
- [34] Bernhard, Eiserne Brücken, Berlin 1911
- [35] Bernhard, Eiserne Brücken, Berlin 1911
- [36] Werkbericht Dywidag
- [37] Diceli
- [38] PPL Architektur und Stadtplanung GmbH
- [39] PPL Architektur und Stadtplanung GmbH
- [40] Senatsverwaltung für Stadtentwicklung und Umwelt, Berlin, Abteilung X – Tiefbau-X C 1-Öffentlichkeitsarbeit
- [41] Diceli
- [42] Diceli



Sylvia Stürmer

ist seit 2003 Professorin für Baustofftechnologie, Bauphysik und Bauwerkserhaltung. Sie u.a. ist Mitglied der Leitung der Öffentlichen Baustoff-Prüfstelle der HTWG Konstanz sowie im Verein „Erhalten historischer Bauwerke e. V.“ in Karlsruhe und ist seit 20 Jahren als Sachverständige und seit 2004 in Baden-Württemberg als Gerichtssachverständige tätig. Sie promovierte 1998 an der Bauhaus-Universität Weimar zu Injektionen an historischen Mauerwerken.

Hochwertiger Beton mit rezyklierten Gesteinskörnungen

Sylvia Stürmer

1. Einleitung oder „Keine Angst vorm R-Beton“

Während die Wieder- und Weiterverwendung von Produkten nach deren Erstnutzung im Alltag bei Kleidung, Taschen, Verpackungen etc. „in“ ist, führen hochwertige Recycling-Baustoffe in Deutschland leider ein „Nischen-Dasein“. Dabei belegt die Baugeschichte seit den Phöniziern bis nach dem 2. Weltkrieg, dass unter anderem mit Tonscherben und Ziegelsplitt dauerhafte Bauteile und Bauwerke erstellt werden können.

Das Bauwesen gehört mit der Vielzahl an Baustoffen und Bauzubehör zu den größten Verbrauchern an natürlichen Ressourcen und Energie der deutschen Wirtschaft. Pro Einwohner in Deutschland werden statistisch jährlich fast zehn Tonnen natürliche Gesteinsrohstoffe abgebaut und verwendet. Durch Baustoff-Recycling können ca. zehn Prozent des Gesteinsrohstoff-Bedarfs ersetzt und natürliche Lagerstätten geschont werden.

In Bezug auf Einsparmöglichkeiten für natürliche Ressourcen und „graue Energie“ spielt der Massenbaustoff Beton eine ganz zentrale Rolle. Neben diversen Projekten zur Einsparung des sehr energieintensiven Zements und der Entwicklung von Substitutionsbindemitteln für Beton stehen auch die Gesteinskörnungen im Fokus, die den größten Anteil am Beton ausmachen. Der Energieaufwand für die Herstellung der natürlichen Körnungen ist zwar geringer als für den Zement, aber bezogen auf deren Menge trotzdem beachtlich. Darüber hinaus nehmen deren Fördermöglichkeiten und Verfügbarkeit ab und die Transportwege zum Betonhersteller zu. Die Eingriffe in die natürliche Umwelt müssen begrenzt werden, was für ein flächenmäßig kleines Land wie Deutschland mit großer Besiedelungsdichte besonders wichtig ist. Die sprichwörtliche Meinung, es gäbe diese natürliche Ressource in den für Beton optimalen Körnungen „wie Sand am Meer“, ist ein Trugschluss. Um auf die besondere Bedeutung für die deutsche Wirtschaft hinzuweisen, wurde der Sand im Jahr 2016 von der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften (DGG) und dem Berufsverband Deutscher Geowissenschaftler zum „Gestein des Jahres“ gewählt.

„Sand ist (...) ein unentbehrlicher Roh- und Baustoff und somit für alle Volkswirtschaften von wesentlicher wirtschaftlicher Bedeutung: Keine Betonkonstruktion und kein Mauerwerk, weder Stahlbeton-Wolkenkratzer, noch Straßen, Fenster oder Glasflaschen kommen ohne den Zusatz von Sand aus.“¹

2. RC-Beton = R-Beton

Der selektive Rückbau von Beton und Mauerwerk an den Abbruch-Baustellen und die sorgfältige Aufbereitung der Abbruchmaterialien bei qualifizierten Recycling-Unternehmen haben Möglichkeiten geschaffen, die natürlichen Gesteinskörnungen im Betongemisch durch rezyklierte Körnungen zu ersetzen. Dieser Beton wird als RC-Beton = Recycling-Beton oder als R-Beton = ressourcenschonender Beton bezeichnet. Dabei werden Kies und/oder gebrochene natürliche Gesteinskörnungen des Normalbetons anteilig durch RC-Gesteinskörnungen > 2 mm ersetzt, die – wie bereits erwähnt – aus aufbereitetem Beton und Mauerwerkbruch hergestellt werden.

Die folgende Abbildung 1 zeigt die allgemeine Prozesskette zur Herstellung von R-Beton. Durch den anteiligen Einsatz von rezykliertem Gesteinskörnung können die natürlichen Quellen geschont und die Deponieaufkommen des mineralischen Bauschutts reduziert werden. Kurze Transportwege zwischen dem Ort des Rückbaus, dem Recycling-Unternehmen, den Transportbetonwerken und den Neubau-Baustellen tragen insbesondere in den Ballungsgebieten dazu bei, den klimaschädlichen CO₂-Ausstoß zu verringern.



Abb. 1: Prozesskette zur Herstellung von R-Beton (Quelle: www.rc-beton.de ²⁾)

Zahlreiche Untersuchungen aus den 90er Jahren, insbesondere an der TU Darmstadt von Prof. Grübl und Mitarbeitern bildeten die Grundlage für die Erarbeitung von Normen und anderen Regelwerken, wonach RC-Körnungen heute als vollwertige Substitute für Kies oder gebrochene Primärgesteine bei der Betonherstellung in bestimmten Betongütern und Expositionsklassen zugelassen sind. Trotz dieser Regelwerke sind der Bekanntheitsgrad und das Vertrauen in diesen Baustoff selbst in Fachkreisen erschreckend gering, weshalb wenig Nachfrage besteht. Aus diesem Grund und aufgrund des fehlenden finanziellen Anreizes beschränkt sich die Herstellung des R-Betons bisher auf wenige Transportbetonwerke in Baden-Württemberg und in Berlin und in den meisten Fällen auf die Herstellung von R-Beton mit Typ 1 Körnung, d.h. mit anteiliger Wiederverwendung von Betonabbruch.

3. Die rezyklierten Gesteinskörnungen Typ 1 und Typ 2 für Beton

Als Zuschlag für die Herstellung von Beton sind mit Typ 1 und Typ 2 zwei der rezyklierten Gesteinskörnungsmischungen gemäß DIN 4226-100 [3] zugelassen. Typ 1 beschreibt eine Mischung aus überwiegend Altbeton oder aufbereiteter Gesteinskörnung (> 90 %). Typ 2 erlaubt einen Anteil an gebrochenem Mauerwerk von maximal 30 %, so dass die Anteile an aufbereitetem Altbeton oder Gesteinskörnung hier bei etwa 70 % liegen. Nach der Richtlinie des Deutschen Ausschusses für Stahlbeton darf Typ 1 je nach Expositionsklasse bis zu 45 Vol % in der Gesteinskörnungen enthalten sein, Typ 2 bis zu 35 Vol %.

Bestandteile	Zusammensetzung Massenanteil in Prozent			
	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4
Beton und Gesteinskörnungen	≥ 90	≥ 70	≥ 20	≥ 80
Klinker, nicht porosierter Ziegel	≤ 10	≤ 30	≥ 80	
Kalksandstein			≤ 5	
Andere mineralische Bestandteile ^a	≤ 2	≤ 3	≤ 5	≤ 20
Asphalt	≤ 1	≤ 1	≤ 1	
Fremdbestandteile ^b	≤ 0,2	≤ 0,5	≤ 0,5	≤ 1

^a Andere mineralische Bestandteile sind zum Beispiel: porosierter Ziegel, Leichtbeton, Porenbeton, haufwerksporiger Beton, Putz, Mörtel, poröse Schlacke, Bimsstein

^b Fremdbestandteile sind zum Beispiel: Glas, Keramik, NE-Metallschlacke, Stückgips, Gummi, Kunststoff, Metall, Holz, Pflanzenreste, Papier, sonstige Stoffe.

TAB 1: Stoffliche Zusammensetzung der Liefertypen

Der Typ 2 der rezyklierten Gesteinskörnung unterscheidet sich in den stofflichen und technischen Eigenschaften stärker von den natürlichen Gesteinskörnungen als der Typ 1.

Wichtig ist festzuhalten, dass sich mit beiden Typen nach Rezepturanpassung Betone mit vergleichbaren Eigenschaften wie bei konventionellem Beton herstellen lassen.

4. Das DBU-Forschungsprojekt zu R-Beton an der HTWG Konstanz

4.1 Die Forschungspartner

Für dieses interdisziplinäre Projekt wurden zwei hochrangige Forschungspartner gewonnen, die sich schon seit Jahren wissenschaftlich mit Recyclingbaustoffen, deren Aufbereitung, Verwertung und ökologischen Bilanzierungen befassen:

Das IFEU – Institut für Energie- und Umweltforschung Heidelberg GmbH mit Dipl.-Geograph Florian Knappe (Teamleiter Abfallwirtschaft) und Dipl.-Mineralogin Stefanie Theis und das IAB – Institut für Angewandte Bauforschung Weimar gGmbH

mit Frau Prof. Dr.-Ing. Anette Müller und Dipl.-Ing. Mirko Landmann. Durch das Team des IFEU werden ökologische Bilanzen der verwendeten Materialien vom Rückbau bis zum Einsatz des R-Betons auf Neubau-Baustellen im Vergleich zum Beton mit ausschließlich natürlichen Körnungen aufgestellt, u.a. anhand eines Pilot-Objekts in Tübingen. Frau Prof. Müller und Mitarbeiter befassen sich mit den aufbereitungs- und materialtechnischen Aspekten der RC-Körnungen.

Praxispartner für das anwendungsbezogene Forschungsprojekt sind das Recycling-Unternehmen Feess und das Transportbetonwerk Holcim, beide aus Kirchheim/Teck.

4.2 Förderer, Ziele und Anliegen des Projekts

Das aktuelle Projekt mit dem Titel „Untersuchung von Mauerwerksabbruch (verputztes Ziegel- und KS-Mauerwerk aus realem Abbruch) und Ableitung von Kriterien für die chemisch und physikalisch verträgliche und ökologische Anwendung in RC-Beton (Beton mit rezyklierter Gesteinskörnung Typ 2)“ wird seit Oktober 2015 für 2 Jahre durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert. Die 1990 gegründete Deutsche Bundesstiftung Umwelt fördert als Stiftung bürgerlichen Rechts innovative beispielhafte Projekte zum Umweltschutz.

Mit dem Projekt möchten wir durch gezielte Untersuchungen einen Beitrag dazu leisten, dass die ökologisch wertvollen RC-Betone auch mit Mauerwerkbruch (= Typ 2-Körnungen) stärker im modernen Hochbau eingesetzt werden. Das ist besonders in den Regionen effizient und nachhaltig, in denen verstärkt Mauerwerkbruch anfällt, die Transportentfernungen für natürliche Gesteinskörnung vergleichsweise hoch sind und viele Hochbau-Projekte mit Beton realisiert werden.

Das Projekt befasst sich deshalb mit Untersuchungen zu den folgenden Hemmnissen:

- unzureichende Bekanntheit bei Planern und Bauherren,
- möglicher Gipsgehalt im Abbruchmaterial,
- unzureichende Möglichkeiten der Qualitätskontrolle beim Recycling-Unternehmen vor Ort,
- schwankende Eigenschaften, insbesondere die Wasseraufnahme der verschiedenen Ziegelqualitäten und
- unzureichende Aussagen zur Dauerhaftigkeit,

um diese durch wissenschaftliche Ergebnisse und Öffentlichkeitsarbeit abbauen zu können.

4.3 Verwendete RC-Körnungen und R-Beton

Um Ziegelrezyklate als Bestandteile von rezyklierten Gesteinskörnungen des Typs 2 für die Betonherstellung verwenden zu können, müssen diese sortenrein und fraktioniert vorliegen.



Foto 1: Unzerkleinertes Abbruchmaterial von Mauerwerken als Ausgangsmaterial für Typ 2-Körnung

Im Rahmen des Forschungsprojektes wurden im Wesentlichen RC-Gesteinskörnungen des Typs 2 der Fa. Feess Kirchheim verwendet. In dem 2010 in Betrieb genommenen Recyclingpark der Fa. Fees werden ca. 15 verschiedene, fremdüberwachte und zertifizierte Qualitäts-Recyclingprodukte wie RC-Sand, RC-Splitt bis RC-Schotter hergestellt. Herr Feess gehört zu den Pionieren des Recyclings von mineralischen Bauabfällen in Deutschland und erhielt für seine besonderen Leistungen den Mittelstandspreis für das Recycling – „Die Grünen Engel 2016“ vom Aufbereitungszentrum Nürnberg und gemeinsam mit Frau Prof. Mettke (TU Cottbus) den diesjährigen deutschen Umweltpreis der Deutschen Bundesstiftung Umwelt.

Foto 1 zeigt unzerkleinertes Abbruchmaterial von Mauerwerken auf Halde beim Recycler als Ausgangsmaterial für Typ 2-Körnung, Bild 2 Mauerwerkbruch der Fa. Feess nach der Zerkleinerung und Fraktionierung. In den Betonen des Projekts wurden die Fraktionen 2/8 mm, 8/16 mm und 16/22 mm eingesetzt.

Da einzelne Transportbetonwerke in Baden-Württemberg bereits R-Betone verschiedener Betongüten gemäß geltender Regelwerke herstellen, wurde im Rahmen des Projekts auf bewährte Rezepturen eines dieser Transportbetonwerke (TBW) zurückgegriffen. Damit wird sichergestellt, dass die zu untersuchenden



Foto 2: Mauerwerkbruch der Fa. Feess nach der Zerkleinerung und Fraktionierung

Zementart	Produktname	Bezeichnung	Kennzeichnung CEM	Portland- zementklinker K	Gebrannter Schiefer T	Kalkstein LL	Neben- bestandteile
CEM II	Optimo 4	Portlandkompositzement	II/B-M (T-LL)	65...79	6...29	6...19	0...5

Massenanteile in % ¹⁾

¹⁾ Die in der Tabelle angegebenen Werte beziehen sich auf die aufgeführten Haupt- und Nebenbestandteile des Zementes ohne Calciumsulfat (Gips)

TAB 2: Zusammensetzung gemäß DIN EN 197-1 ⁴

Betoneneigenschaften			
Festigkeitsklasse		C25/30	C20/25
Druckfestigkeit f_{cm} [N/mm ²]		35,2	30,2
Rohdichte [kg/m ³]		2318	2254
Expositionsclassen		XC4, XF1, XA1 (WF)	XC3 (WF)
Rezeptur			
Natürliche Gesteinskörnung [kg/m ³]	Rundsand 0/2b	588	578
	Kies 2/8	260	319
	Splitt 8/16	-	242
	Splitt 16/22	523	-
RC-Bauwerksplitt Typ 2 [kg/m ³]	Splitt 2/16	410	547
RC-Anteil Typ 2, 2/16 mm [%]		25	35
Zement [kg/m ³] CEM II/B-M (T-LL) 42,5 N-AZ		295	285
w/z - Wert		0,59	0,66
Betonzusatzstoff [kg/m ³]		35 (SFA)	60 (SFA)
Betonzusatzmittel [kg/m ³]		1,48 (BV), 0,74 (FM)	1,43 (BV)
Klasse Chloridgehalt		Cl 0,20	Cl 0,40

TAB 3: Betonkennwerte und -rezepturen von R-Betonen mit Typ 2-Körnung

Betone unter praxisüblichen und nicht unter Laborbedingungen hergestellt werden. Mit dem TBW Holcim wurde ein Werk ausgewählt, dass die gleichen Typ 2-Körnungen der Fa. Feess verwendet, die auch im Projekt bezüglich ihrer Korngrößenverteilung, Zusammensetzung, Rohdichte und Wasseraufnahme separat untersucht werden.

Als Zement wird ausschließlich ein Portlandkompositzement (CEM II/B-M (T-LL) - AZ), in der Festigkeitsklasse 42,5 N verwendet, der im Holcim Werk Süddeutschland in Dotternhausen mit dem Handelsnamen Optimo 4 hergestellt wird. Dieser Zement enthält neben der Hauptkomponente Portlandzementklinker auch Zumahlstoffe aus gebranntem Schiefer und Kalkstein. Durch den Ölschiefer als regionaler Rohstoff, Energiequelle und teilweiser Ersatz für den Zementklinker wird ein Beitrag zur Reduzierung der CO₂-Emission geleistet. Das Deutsche Institut für Bautechnik (DIBt) hat diesen Zement für alle Anwendungen und Expositionsclassen des Beton-, Stahlbeton- und Spannbetonbaus ohne Einschränkung zugelassen (Z-3.17-1981). Aufgrund seines hellen Farbtons ist dieser Zement auch sehr gut für Sichtbeton und Betonwaren einsetzbar.

Basis des Versuchsprogramms sind drei R-Betone mit Typ 2-Körnungen in den Druckfestigkeitsklassen C25/30 und C20/25. Tabelle 3 zeigt Betonkennwerte und -rezepturen zwei verwendeter R-Betone bis 22 mm Größtkorn. Für vergleichende Bewertungen wurden zwei konventionelle Betone der Druckfestigkeitsklasse C25/30 als „Referenzbetone“ den gleichen Prüfungen wie die R-Betone unterzogen.

Bezüglich spezieller, über die Anforderungen der Regelwerke hinausgehender Eigenschaften wie z.B. der Gefügebildung wurden auch R-Betone zweier anderer Betonhersteller mit Druckfestigkeitsklassen bis C30/37 im Projekt einbezogen.

Alle gemäß Norm geforderten Eigenschaften werden von den R-Betonen in gleicher Weise erreicht wie von konventionellen Betonen gleicher Betongüte! Rein äußerlich kann man den R-Beton im eingebauten Zustand nicht von Beton mit ausschließlich natürlichen Gesteinskörnungen gleicher Zementart und mit gleichem Wasser-Zement-Wert unterscheiden. Das Foto 3 zeigt eine Betonwand eines Rohbaus. Aufgrund der an der Oberfläche vorhandenen, betontypischen Zementsteinschicht sind die unterschiedlichen Gesteinskörnungen nicht erkennbar.



Foto 3: Nach dem Entschalen eines Bauteils aus R-Beton



Foto 4: Bruchfläche eines R-Betons mit Typ 2-Körnung

Die Fotos 4 bis 6 zeigen die Bruchfläche eines R-Betons Typ 2 (Foto 4) und das Mikro-Gefüge nach dem Sägen unter dem Auflichtmikroskop in zwei Vergrößerungen (Fotos 5 und 6). Der rezyklierte Ziegelsplitt (in Foto 5 mit 8 mm Größtkorn) ist in gleicher Weise wie die natürlichen Gesteinskörner gleichmäßig und fest in die Zementstein-Matrix eingebunden.

5. Erste Ergebnisse des Projekts

Nach ca. 11 Monaten Laufzeit des Forschungsprojekts werden exemplarisch die Ergebnisse eines Teilthemas der Öffentlichkeitsarbeit und eines Teilthemas zu Materialuntersuchungen beschrieben.

5.1 Untersuchungen zur Rohdichte und Wasseraufnahme

Da die erhöhte Porosität, die geringere Rohdichte und das höhere Wasseraufnahmevermögen der Mauerwerkabbruch-Körnungen häufig als Argument gegen deren anteiligen Einsatz im Beton angeführt werden, ist deren Untersuchung und Bewertung ein wesentlicher Teil des Labor-Programms. Tabelle 4 zeigt die Rohdichten und Wasseraufnahmen einer Sammelprobe von Typ 2-Körnung der Fa. Feess von 2 mm Korngröße bis 32 mm Größtkorn, die zu ca. 85 % aus gebrochenem Beton (Rc) und natürlicher



Foto 5: Gefügedetail eines R-Betons mit Mauerwerkbruch (Auflichtmikroskop)

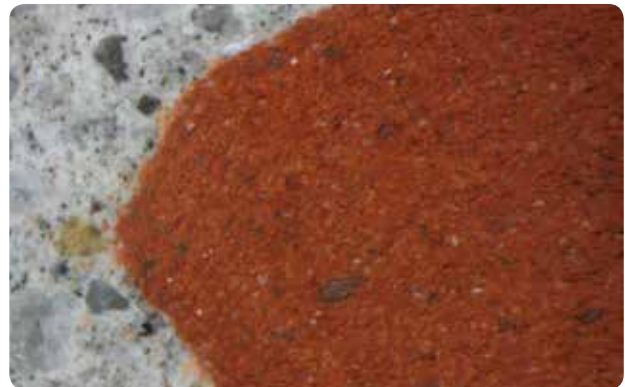


Foto 6: Detail aus Bild 5: Phasengrenzfläche zwischen Ziegelsplitt und Zementstein in Vergrößerung

Gesteinskörnung (Kies, Ru) und zu ca. 15 % aus Mauerwerkbruch (Rb), hauptsächlich Ziegelsplitt besteht. Die Bestandteile wurden nach Sichtprüfung per Hand gemäß ihrer Zusammensetzung sortiert.

Verglichen mit den Anforderungen gemäß DIN 4226-100 in Tabelle 5 (= Tabelle 2 aus [3]) liegt die Rohdichte zwar unter dem Grenzwert, die maximal zulässige Wasseraufnahme des Ziegelrezyklats wird jedoch in keiner Fraktion überschritten.

Die für die Betonpraxis aussagekräftigeren Untersuchungen am Verhalten im Beton, wenn die Ziegelrezyklate mit Zementstein umhüllt sind, ergaben durchweg positive Ergebnisse: Die Wasseraufnahme der R-Beton-Proben nach Unterwasserlage-

Fraktion	Rohdichten in kg/m ³ / Wasseraufnahme in M%		
	Beton	Natürliche Gesteinskörnung, primär Kies	Ziegel
2/4	2.253	2.555	1.915
	7,8	1,9	14,0
4/8	2.319	2.612	1.909
	5,7	1,9	14,3
8/16	2.295	2.612	1.941
	5,5	1,3	14,9
16/32	2.303	2.646	1.895
	5,4	1,1	10,4

TAB 4: Rohdichten und Wasseraufnahmen einer Sammelprobe in Abhängigkeit von der Kornfraktion und Körnungszusammensetzung

Kornrohdichte und Wasseraufnahme	Rezyklierte Gesteinskörnung			
	Typ 1	Typ 2	Typ 3	Typ 4
Minimale Kornrohdichte kg/m ³	2000		1800	1500
Schwankungsbreite Kornrohdichte kg/m ³	2.253 7,8	2.555 1,9	1.915 14,0	Keine Anforderung
Maximale Wasseraufnahme nach 10 min. Massenanteil in Prozent	10	15	20	Keine Anforderung

TAB 5: Anforderungen gemäß DIN 4226-100

rung bis zur Massekonstanz war nicht höher als bei den Referenzbetonen. Sie lag beim R-Beton C25/30 im Mittel bei 6,91 %, beim Referenzbeton mit Kalksteinsplitt bei 6,93 % und beim Referenzbeton mit Quarzkies bei 6,87 %. Die gleichwertigen Ergebnisse trotz anteilig poröserer RC-Körnung werden auf die Aufnahme von Zementleim in den offenen Poren an der Oberfläche des Ziegelsplitts und die damit verbundene feste Umhüllung der Körnung mit dem erhärtenden Zementstein zurückgeführt, die sich auch lichtmikroskopisch und rasterelektronenmikroskopisch nachweisen ließ.

5.2 Erfassung des Bekanntheitsgrades des R-Betons

Große Defizite bestehen aktuell im geringen Bekanntheitsgrad des R-Betons bei Bauherren, Architekten und Tragwerksplanern und in der fehlenden oder schwach ausgeprägten Förderung durch die Länder. Was nicht bekannt ist, wird auch nicht nachgefragt und ausgeschrieben. Deshalb ist eine wichtige Teilaufgabe des Projekts, zum Bekannt- und Vertrautwerden mit diesem hochwertigen Baustoff beizutragen. Dazu werden persönliche Gespräche geführt und E-Mail-Umfragen mit Betonherstellern, Architekten und Tragwerksplanern durchgeführt und ausgewertet. Exemplarisch wird in diesem Artikel auf die Ergebnisse der Architekten-Befragung mit Unterstützung des Instituts ifbau der Architektenkammer Baden-Württemberg eingegangen. Von den über 4.000 angefragten Architekten in Baden-Württemberg haben 1,6 % auf die Umfrage geantwortet. Bei der Beantwortung waren auch Mehrfach-Antworten zugelassen.

Von den 46 Rückmeldungen haben nur 34 Architekten schon mal etwas von R-Beton „gehört“, überwiegend aus Fachzeitschriften, teilweise auch durch Gespräche mit Fachkollegen und Vorträge. Nur 2 der Befragten haben bereits mit R-Beton gearbeitet, wobei sich 43 Architekten (= 93 % der Antworten) vorstellen könnten, zukünftig damit zu planen und zu bauen. Als Anlass dafür werden ökologische Gründe angeführt, von denen die Vermeidung von Deponieflächen und die hochwertige Verwertung von Werkstoffen die häufigsten Gründe sind. 80 % der Architekten, die geantwortet haben, sind gewillt, den Beton bei gleichem Preis wie Beton mit natürlichen Körnungen zu verwenden. Nur 17 % wären auch bereit, einen höheren Preis in Kauf zu nehmen.

Als Gründe gegen R-Beton werden genannt:

- die regional fehlende Verfügbarkeit
- Bedenken gegen bzw. unzureichende Erfahrungen mit R-Beton
- Fehlende Informationen über Einsatzmöglichkeiten und Materialkennwerte und
- zum Teil mangelnde Bereitschaft zur Übernahme von Mehrkosten

40 der 46 teilgenommenen Architekten würde es interessieren, im Rahmen einer Fortbildung „mehr über R-Beton zu erfahren“. Zur Verbesserung des Bekanntheitsgrades fand am 13.10.2016 bei der Architektenkammer in Stuttgart ein Tages-Seminar zu „Nachhaltigem, ressourcenschonenden Bauen in geschlossenen Stoffkreisläufen mit R-Beton“ statt, an dessen Vorbereitung und Durchführung die Projekt-Beteiligten maßgeblich mitwirkten.

6. Projektausblick

Derzeit sind zwei Hochbauprojekte in Baden-Württemberg im Bau, bei denen die verschiedenen Bauteile mit R-Beton mit Typ 2-Körnung in verschiedenen Betondruckfestigkeits- und Expositionsklassen hergestellt werden. Dabei besteht die Möglichkeit, die Ausführenden über ggf. „spürbare“ Unterschiede zu konventionellen Betonen zu befragen, für die verschiedenen Bauteile und Expositionsklassen verwendete R-Betone zu erfassen und stichprobenartig Kennwerte zu ermitteln, die über die Nachweise der Eigenüberwachung hinausgehen. Des Weiteren können in Abstimmung mit den Bauherren, Recyclern, Transportbetonwerken, Planern und Ausführenden die eingebauten Beton-Mengen sowie objektbezogen ökologische und ökonomische Daten erfasst werden.

Über die Fortschritte im Projekt und weitere Ergebnisse wird ein zweiter Artikel in der nächsten Ausgabe der Hochschulzeitschrift berichten.

Danksagung

Für die Phase der Projektanbahnung und -beantragung wurden wir durch das Institut für Angewandte Forschung – IAF der HTWG mit einer Anschub-Finanzierung unterstützt. Dafür möchten wir uns an dieser Stelle ausdrücklich bedanken.

Quellen:

- [1] <http://www.geoberuf.de/index.php/derbdg-2/gestein-des-jahres.html>
- [2] www.rc-beton.de
- [3] DIN 4226-100 Gesteinskörnungen für Beton und Mörtel Teil 100: Rezyklierte Gesteinskörnungen, 02/2002
- [4] Technisches Merkblatt von Optimo 4 © 2012 Holcim (Süddeutschland) GmbH, November 2012


Prof. Benno Rothstein

hat seit dem WS 2012/13 die Professur für Geowissenschaftliches Ressourcenmanagement an der Fakultät Bauingenieurwesen der HTWG Konstanz inne. Zuvor war der Geowissenschaftler knapp fünf Jahre Professor für Ressourcenökonomie an der Hochschule für Forstwirtschaft in Rottenburg. Dort war er u.a. Leiter des Studiengangs BioEnergie. Prof. Rothstein hat an der Universität Würzburg in der Geographie zum Thema „Elektrizitätswirtschaft als Betroffene des Klimawandels“ habilitiert. Nach seinem Studium der Umweltwissenschaften und der Promotion in den Geowissenschaften an der Universität Trier war er beim Verein Deutscher Ingenieure (VDI) in Düsseldorf sowie beim Europäischen Institut für Energieforschung (EIFER) in Karlsruhe beschäftigt.


Florian Zeitler

absolvierte seinen Bachelorstudiengang „Georessourcenmanagement“ an der RWTH Aachen sowie den Master of Science an der Swedish University for Agriculture (SLU) in Uppsala, Schweden. Seit November 2015 ist er wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Fakultät Bauingenieurwesen.

Potentielle Wassernutzungskonkurrenzen bei Niedrigwasser – Eine Stakeholder-Analyse an zwei Flüssen in Baden-Württemberg

Benno Rothstein, Florian Zeitler

Die Hitzewellen in den letzten Jahren zeigten, wie kritisch lang anhaltende Trockenheit nicht nur für die Natur, sondern auch für Wassernutzer entlang von Flüssen werden kann. Der Sommer 2003 war nicht nur der heißeste seit Messbeginn (im Jahre 1761), sondern zudem einer der trockensten. Gerade in Baden-Württemberg kam es mehrfach zu Rekordwerten: So waren im Sommer 2003 im Oberrheingebiet je nach Messstation bis zu 53 Tage mit einer maximalen Temperatur von über 30 °C zu verzeichnen; der bisherige absolute Rekordwert von 40,2 °C im Sommer 1983 wurde 2003 dreimal eingestellt, und zwar am 9. August in Karlsruhe und am 13. August in Karlsruhe und Freiburg. Diese Hitzetage traten in den letzten Jahren immer öfter auf (vor allem 2015) und werden laut einer Modellierung des KITs noch weiter zunehmen (Abb. 1). Die Trockenheit ist zwar meist nicht so extrem wie die Hitze, sie setzte aber beispielsweise im Rekordjahr 2003 bereits im Frühjahr ein und hielt bis zum Herbst an. Aus diesem Grund sanken die Flusspegel Anfang Oktober auf ein historisches Tief, wie zum Beispiel an der Elbe in Dresden auf unter 70 Zentimeter (Schönwiese 2004⁶).

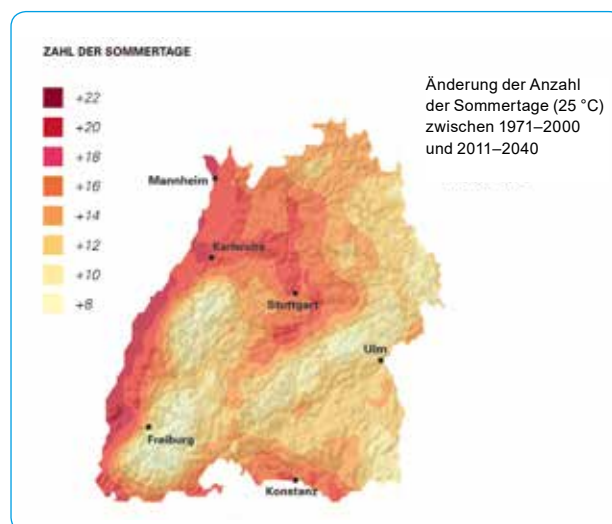


Abb. 1: Änderung der Anzahl der Sommertage (Quelle: IMK-TRO/KIT 2010)

Durch zunehmende Trockenheit und andere Extremwetterereignisse (z.B. Starkregen) wird es infolge des Klimawandels entlang der Gewässer Baden-Württembergs immer wieder zu verschärften Situationen um die Ressource Wasser kommen.

Murg



Die Murg ist ein 80 km langes Fließgewässer erster Ordnung, sie entspringt im Nordschwarzwald (Landkreis Freudenstadt) und mündet bei Rastatt in den Rhein. Es handelt sich um einen sehr dynamischen Fluss mit einem teilweise sehr starken Sohlgefälle, welches der Murg besonders in den beiden oberen Dritteln einen Gebirgsfluss-Charakter verleiht. Dennoch ist die Murg heutzutage in den meisten Abschnitten kein naturnaher Fluss mehr. Sie weist wenig Retentionsräume sowie so gut wie keine Auengebiete mehr auf. Das Fehlen dieser Bereiche entlang des Flusses gekoppelt mit den geologischen Gegebenheiten in der Nordschwarzwald-Region (größtenteils Sandstein, der auf schlechte Pufferkapazitäten hindeutet) führt zu einer schnellen Abflussbildung im Einzugsgebiet. Für die Wirtschaft wurde das Murgtal ab dem 19. Jahrhundert von Bedeutung. Anfangs wurde die Murg nur für die Flößerei verwendet, doch ab dem Jahr 1880 siedelte sich in Gernsbach die Papierindustrie an, für die die Nähe von Wasserkraft und Wäldern im Murgtal einen optimalen Standort bot (Boksan 2016⁴). Auch heute ist das Tal noch stark von der Papierindustrie geprägt.

Kocher



Der Kocher ist mit einer Länge von 166 km der zweitwichtigste Nebenfluss des Neckars (gemessen am Abfluss). Er entspringt aus zwei Quellen (Schwarzer und Weißer Kocher), die beide von Regenwasser gespeist werden, indem das Wasser auf der Schwäbischen Alb im Karstgestein versickert und zum Rand der Alb abfließt. Von seinem Quellgebiet bis zur Mündung in den Neckar bei Bad Friedrichshall-Kochendorf, nördlich von Heilbronn, durchquert der Kocher den Ostalbkreis, den Landkreis Schwäbisch Hall, den Hohenlohekreis und den Landkreis Heilbronn. Die Gewässerstruktur des Kochers wird in vielen Abschnitten als stark oder sogar sehr stark verändert eingestuft. Der Hauptgrund hierfür ist die Wasserkraftnutzung, ab der Stadt Oberkochen befinden sich insgesamt 46 Wasserkraftwerke am Fluss. Ein hohes Konfliktpotential bieten die teilweise starken Abflussabweichungen der einzelnen Jahre. Der Mittelwert niedrigster Jahresabflüsse liegt bei 3,3 m³/s (Pegel Kocherstetten). Im Kontrast dazu stehen die starken Hochwasser des Flusses (100-jährlicher Hochwasserabfluss bei 540 m³/s) (LUBW HVZ 2016).

Vor allem Niedrigwassersituationen können zu zunehmenden Wassernutzungskonflikten führen.

Die Grundlage des hier vorgestellten Projektes stellt das Forschungsprogramm „Klimawandel und modellhafte Anpassung in Baden-Württemberg (KLIMOPASS)“ dar. Das Programm wird von der Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg (LUBW⁵) gefördert und hat das Ziel, den Klimawandel mit seinen Folgen sowie die Möglichkeiten für Anpassungsmaßnahmen für Baden-Württemberg dauerhaft und ressortübergreifend im Rahmen von jährlich vergebenen Projekten zu untersuchen.

Die Hochschule Konstanz kooperiert im Zuge des Projektes mit der in Rheinland-Pfalz ansässigen UDATA GmbH, ein Forschungs- und Consulting-Büro mit Fokus auf Klimafolgenforschung, Hydrologie und Umweltbildung. Ziel der gemeinsamen Forschung ist die Identifikation von vorhandenen und im Zuge des Klimawandels potenziell auftretenden Interessen- und Nutzungskonflikten auf Grund von Niedrigwassersituationen an Flüssen. Der Forschungsschwerpunkt bezieht sich dabei auf zwei beispielhafte Einzugsgebiete in Baden-Württemberg (die Murg und der Kocher) inklusive aller beteiligten Akteure bzw. Wasserge- und -verbraucher (Energienutzung, Industrie, Landwirtschaft, kommunale Abwasserklärung, Ökologie, Tourismus, etc.). Die beiden Flüsse wurden auf Grund ihrer unterschiedlichen geologischen Voraussetzungen ausgewählt und werden in den beiden Info-Boxen kurz vorgestellt.

Generell wird Niedrigwasser als natürliches Ereignis betrachtet, das jedoch durch anthropogene Einflüsse verstärkt

oder abgeschwächt wird. Hauptursache ist häufig eine Trockenperiode über einen längeren Zeitraum, die zeitlich auch deutlich vor der Niedrigwasserperiode liegen kann. Einflussfaktoren der Trockenperiode sind ein Rückgang der Niederschläge, eine erhöhte Verdunstung (beispielsweise durch Hitzewellen) oder eine Zwischenspeicherung des Niederschlags in Form von Schnee bzw. Eis.

Laut DIN 4049 ist Niedrigwasser allgemein als ein Zustand charakterisiert, bei dem „der gemessene Abfluss in einem Fließgewässer einen Schwellenwert unterschreitet, der in Abhängigkeit vom Abflussregime dieses Fließgewässers definiert wird“ (DIN 4049-1, 1992²). Diese sehr breite Definition wird z.B. durch den Bayrischen Niedrigwasser-Informationsdienst (NID) präzisiert. Demzufolge kann Niedrigwasser in drei Klassen auftreten. Hierbei entspricht Niedrig dem Zustand, bei dem der aktuell gemessene Abfluss geringer als 75 % aller Abflüsse ist, die über einen Zeitraum von mindestens 30 Jahren im aktuellen Monat gemessen wurden. Der Zustand Sehr niedrig besteht, wenn der aktuell gemessene Abfluss geringer als der MNQ (Mittlerer Niedrigwasserabfluss) ist. Bei dem MNQ handelt es sich um den Mittelwert aus den Jahresminima der Tagesabflüsse über mindestens 30 Jahre. Die dritte Klasse Neuer Niedrigstwert beschreibt den Zustand, wenn der aktuell gemessene Abfluss geringer als der NNQ ist, wobei der NNQ für den bisher niedrigsten gemessenen Tagesabfluss steht (LfU 2016a⁴).

Im Rahmen des Kooperationsprojektes KLIWA (Klimaveränderung und Wasserwirtschaft) wurden u.a. die Auswirkungen

der Klimaveränderungen auf Niedrigwasserereignisse prognostiziert. In Abb. 2 ist ersichtlich, dass, den 10-jährlichen MNQ betreffend, für ganz Baden-Württemberg Abnahmen zu erwarten sind. Diese reichen von schwachen Veränderungen (Abflussmenge verringert sich um $\pm 10\%$) im Kern des Landes bis hin zu starken Abnahmen ($> 20\%$) im gesamten Schwarzwald- sowie im Hoch- und Oberrheinbereich. Hier zeigt das Einzugsgebiet des Rheins bis zur Murgmündung starke Abnahmen beim MNQ. In den Einzugsgebieten von Neckar und Tauber sind vorwiegend nur schwache Veränderungen zu erwarten, deutliche Abnahmen zeigen sich aber im Bereich von Kocher und Jagst am Rande der Schwäbischen Alb.



Abb. 2: Veränderung des 10-jährlichen Niedrigwasserabflusses MNQ (Quelle: 10. KLIWA-Bericht, S.154, 2006)

Die Auswirkungen von Niedrigwasser können zum einen die Ökologie beeinflussen, zum anderen aber auch nutzungsbedingte Probleme mit sich bringen: Ein verringertes Wasserdargebot und eine Veränderung der Wasserqualität betreffen die Sektoren Energiewirtschaft, Wasserversorgung, produzierende Industrie, Verkehr und Schifffahrt, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei sowie den Tourismus- und Freizeitsektor. Während die Wasserversorgung beispielsweise im Falle einer Trinkwassergewinnung von Uferfiltrat negativ beeinflusst wäre und die Abwasserbeseitigung im Fall von Niedrigwasser Einleitungsrestriktionen zu berücksichtigen hätte, ist für die Energiewirtschaft ein niedrigerer Abfluss gleichbedeutend mit geringeren Kraftwerksleistungen der Wasserkraftanlagen. Für industrielle Betriebe in Gewässer-

nähe, die Flusswasser für Kühlungs- und Produktionszwecke verwenden, könnte eine Trockenperiode zu Produktionsausfällen führen. Gleichmaßen wären die Auswirkungen für die Land- und Forstwirtschaft Produktionseinschränkungen, sofern die landwirtschaftlichen Flächen künstlich bewässert werden und Grund- bzw. Oberflächenwasser nicht mehr in ausreichendem Maß zur Verfügung stehen. In für Frachtschifffahrt genutzten Gewässern würde Niedrigwasser z.B. eine Einengung der Fahrrinne bedeuten, ebenso wären touristische und freizeitliche Aktivitäten wie der Wasser- und Bootssport von einer geringeren Gewässertiefe betroffen. Die Auswirkungen auf die Fischerei erklären sich durch die ökologischen Auswirkungen des Niedrigwassers.

Bei den nutzungsbedingten Auswirkungen ist insgesamt ersichtlich, dass es durch die gemeinsame Nutzung eines Gewässers durch mehrere Sektoren bzw. Akteure sowie durch vielfältige Verflechtungen und Abhängigkeiten zu Nutzungskonflikten kommen kann (Finke et al. 2007³). Darüber hinaus bewegen sich die beschriebenen nutzungsbedingten Effekte fast ausschließlich im Bereich der ökonomischen Auswirkungen durch Niedrigwasserereignisse.

Um die Nutzungskonflikte im Zuge des Projektes KLIMO-PASS zu identifizieren, wurden Stakeholder-Analysen an Murg und Kocher durchgeführt. Zunächst wurde eine detaillierte Liste mit der Übersicht aller Wasserein- und -ausleiter, zuständigen Behörden sowie Organisationen, Verbände und anderen Akteuren erstellt. Erste Experten-Interviews gaben einen Einblick in die Thematik und wiesen auf sensible Themen hin. Um weitere aktuelle und quantitative Angaben zur Wassernutzung an beiden Flüssen zu erhalten, wurden sechs verschiedene Fragebögen (Bewässerungslandwirtschaft, Industrie, Abwasserentsorgung, Wasserkraft, Tourismus und Verbände) entworfen und als Online-Befragung (www.soscisurvey.de/) den Stakeholdern zum Ausfüllen zugesandt (ca. 20 Fragen, in etwa 10 min. zu beantworten). Durch diese Auswahl wurde sichergestellt, dass das Spektrum der z.T. gegenläufigen Ansichten möglichst umfassend erfasst wird. Neben allgemeinen Fragen zum Betrieb und der Wassernutzung wurde auch das Konfliktpotential durch Niedrigwasser von den Stakeholdern abgefragt. Nach der Durchführung von ersten Befragungstestläufen startete die offizielle Befragung Ende April 2016. Insgesamt wurden bis Mitte Juli an beiden Flüssen 90 Fragebögen ausgefüllt (Murg=42, Kocher=48), wobei davon der Großteil aus der Industrie (n=34), den Verbänden (n=22) und der Wasserkraft (n=12) entstammt. Die Resultate sind an beiden Flüssen noch nicht vollständig ausgewertet, einen eindeutigen Trend gibt es bisher nicht. So wurde die Frage „Verbinden Sie Niedrigwasser/Trockenheit allgemein mit einer Konfliktsituation?“ zu 22,6 % mit „Ja“, 25,8 % mit „Nein“, sowie 16,1 % mit „Eventuell“ beantwortet. 35,5 % beantworteten die Frage nicht, was die Auswertung erschwert. Bezogen auf die verschiedenen Sektoren ist erwähnenswert, dass die Mehrheit der befragten Industrie zumindest möglicherweise eine Konfliktsituation bei

Niedrigwasserzuständen sieht (42,9 % „Ja“, 14,3 % „Eventuell“). Am Kocher wurde die gleiche Frage anders beantwortet: 38 % der Befragten gaben „Ja“ an, 11 % „Nein“, und 18 % antworteten „Eventuell“. Allerdings machte auch hier ein Drittel (33 %) keine Angaben. Auch bei der Frage, ob die Kommunikation zwischen den Wassernutzern am Kocher verbessert werden könnte, gab es eine hohe Variabilität der Antworten: In der Industrie gaben 30 % an, dass die Kommunikation schlecht sei bzw. verbessert werden könne. Bei den Kläranlagen hingegen meinten 83 % der Betreiber, dass die Kommunikation „völlig in Ordnung“ sei. Diese Heterogenität zeigt die deutlichen Unterschiede zwischen den Stakeholder-Gruppen und wie die Prioritäten bei den Maßnahmen zu Konfliktvermeidung bei Niedrigwasser ausfallen könnten. In einem nächsten Schritt werden die Befragungsergebnisse im Hinblick auf die aktuelle und zukünftige Wassernutzung weiter ausgewertet. Natürlich gilt es zu beachten, dass dem Thema Niedrigwasser nach den starken Überschwemmungen im Kochertal im Mai 2016 derzeit eine geringere Priorität eingeräumt wird. Die weitere Datenerhebung wird somit erschwert.

Bei den jeweiligen Stakeholder-Workshops in Rastatt (Murg) und Künzelsau (Kocher) im Herbst 2016 wurden die bisherigen Ergebnisse den Wassernutzern präsentiert und anschließend mögliche Maßnahmen mit den Akteuren diskutiert. Da beide Einzugsgebiete nur eine verhältnismäßig kleine quantitative Auswertung zulassen, werden zusätzlich mit ausgewählten Experten qualitative Interviews durchgeführt. Hierbei gilt es ebenfalls die unterschiedlichen Bereiche möglichst umfassend einzubeziehen, um ein entsprechend breites Meinungsspektrum abzudecken. Daher werden die Interviews nach Möglichkeit offen geführt, damit die Experten frei ihre Einschätzung zu potentiellen Hemmnissen benennen und über bisherige Erfahrungen berichten können.

Auf Basis der qualitativen und quantitativen Umfragen bzw. Interviews sowie den Workshops sollen letztendlich in einem integrativen Ansatz Handlungsempfehlungen für alle beteiligten Stakeholder erstellt werden.

Quellen:

- [1] BOKSAN, L. (2016): Wassernutzungskonflikte im Zuge des Klimawandels – Auswirkungen von Niedrigwasser-Ereignissen am Beispiel der Murg.
- [2] DIN 4049-1 (1992): Hydrologie, Grundbegriffe, Beuth Verlag, Berlin.
- [3] FINKE, HORNEMANN, HUMMEL, KATZENBERGER, KRONE, PRELLBERG & RASCHKE (2007): Leitlinien für ein nachhaltiges Niedrigwassermanagement, Herausgeber: Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz des Landes Rheinland-Pfalz, Mainz.
- [4] LANDESAMT FÜR UMWELT (LfU) BAYERN (2016a): Kenn- und Schwellenwerte für Niedrigwasser http://www.lfu.bayern.de/wasser/klima_wandel/auswirkungen/niedrigwasserabfluesse/index.htm

[5] LUBW, Hochwasservorhersagezentrale Baden-Württemberg (2016): Pegeldaten Kocherstetten/Kocher, <http://www.hvz.lubw.baden-wuerttemberg.de/>

[6] SCHÖNWIESE, C.-D. (2004): Hitzesommer 2003 und Elbeflut 2002 – Indizien für ein extremer werdendes Klima? In: Forschung Frankfurt 2/2004 (S.37–39), https://www.uni-frankfurt.de/45451363/Sw-Forschung-Frankfurt-2-04_.pdf



Prof. Dr.-Ing. Manfred Gekeler
vertritt an der HTWG Konstanz
die Fachgebiete Leistungselektronik
und elektrische Antriebstechnik in
Forschung und Lehre.



Prof. Dr.-Ing. Gunter Voigt
vertritt die Fächer Hochspannungs-
technik, Elektromagnetische Verträglichkeit EMV und Energieversorgung
in der Fakultät Elektrotechnik und
Informationstechnik. Von 2003 bis
2014 war er Prorektor/Vizepräsident
Forschung der HTWG.

3-Stufen-Pulswechselrichter – EMV- und Effizienzvergleich

Manfred Gekeler, Gunter Voigt

1. Einführung

Die Versorgung mit elektrischer Energie erfolgt heute weltweit vor allem mit Wechselstrom (AC-Alternating Current) oder dreiphasigem Drehstrom bei einer Frequenz von 50 Hz oder 60 Hz. Viele Verbraucher arbeiten intern mit einer Gleichspannung (DC- Direct Current) als Betriebsspannung. Wechselspannung und Gleichspannungsversorgung standen in den Anfangszeiten der Elektrifizierung in Konkurrenz. Die Auseinandersetzung eskalierte in dem heute als „Stromkrieg“ bezeichneten Streit der Hauptakteure Thomas Alva Edison und George Westinghouse. In der flächendeckenden Stromversorgung über weite Strecken setzten sich die von Nikola Tesla erfundenen 1-phasigen AC Systeme durch und schließlich die auf Arbeiten von Michail Ossipowitsch Doliwo-Dobrowolski zurückzuführende Drehstromtechnik. Wesentliches Argument war die Transformierbarkeit von AC und damit die Kopplung von Netzen unterschiedlicher Spannungen. Dies ermöglichte die verlustarme Übertragung und den Bau großer Kraftwerke auch außerhalb von Städten und Ballungszentren.

Netze unterschiedlicher Frequenz oder AC- und DC- Netze können nicht direkt verbunden werden. Eine direkte elektrische Verbindung würde zu einem Kurzschluss führen. Ein Austausch von elektrischer Energie unterschiedlicher Netze erfolgte anfangs über rotierende Maschinen, sogenannte Motor-Generator-Sätze. Heute kann der Austausch in weiten Bereichen durch Systeme der Leistungselektronik (LEL) erfolgen.

Zurzeit wird ein Drittel der in Deutschland elektrisch verbrauchten Energie durch regenerative Energiewandlung erzeugt, vor allem durch Windkraftanlagen (WKA) und Photovoltaik (PV). In den meisten neuen WKA arbeiten die Generatoren bei nicht konstanten Drehzahlen und liefern demzufolge keine 50Hz Spannungen. PV erzeugt einen DC Strom. Die Kopplung mit dem öffentlichen Netz erfolgt über leistungselektronische Systeme, sogenannte Wechselrichter oder (bei WKA) Frequenzumrichter. Ca. 2/3 der in der Industrie verwendeten elektrischen Energie wird zu Antriebszwecken benötigt. Ein Großteil der elektrischen Antriebsmaschinen wird heute drehzahlverstellbar und deshalb mit variabler Frequenz betrieben. Auch hier kommen Frequenzumrichter der LEL zum Einsatz. Gleichspannungsverbraucher können über Gleichrichter versorgt werden. Der Oberbegriff

von leistungselektronischen Systemen zur Kopplung von unterschiedlichen Netzen wird Umrichter genannt.

Im Folgenden werden das Konzept eines an der HTWG erfundenen Wechselrichters und einige seiner Eigenschaften beschrieben.

2. 3-Stufen-Pulswechselrichter

Leistungselektronische Umrichter kombinieren in der Regel Gleichrichter und Wechselrichter. Im Wechselrichter kommen in unterschiedlichen Schaltungstopologien als Schalter heute insbesondere IGBTs (Insulated Gate Bipolar Transistors) zum Einsatz. Diese Schalter werden in der Regel nach dem Verfahren der Pulsweitenmodulation mit einigen 100 Hz bis einigen 10 kHz geschaltet und können entsprechend der Schaltung aus einer anliegenden DC Spannung eine AC Spannung generieren. In den Schaltern entstehen Schaltverluste, die den Wirkungsgrad reduzieren und durch aktive Kühlung aus dem Wechselrichter abgeleitet werden müssen.

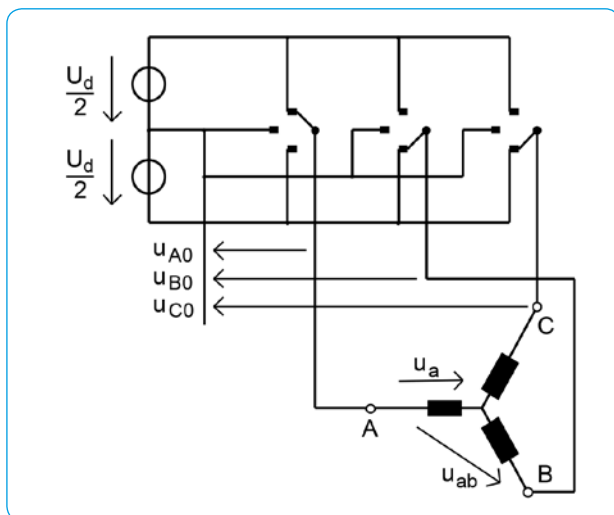


Abb. 1: Prinzipschaltbild eines 3-phasigen 3-Stufen-PWR (mit Schaltern)

3-Stufen-Pulswechselrichter (kurz: PWR, engl.: 3-Level-Inverter) wie in Abb. 1 werden mit Leistungen ab ca. 50 kVA bis in den MVA-Bereich eingesetzt in der elektrischen Drehstromantriebstechnik, als Netzeinspeisewechselrichter, in USV Anlagen oder als Aktive Leistungs-Netzfilter. Im 3-Level-Inverter nehmen

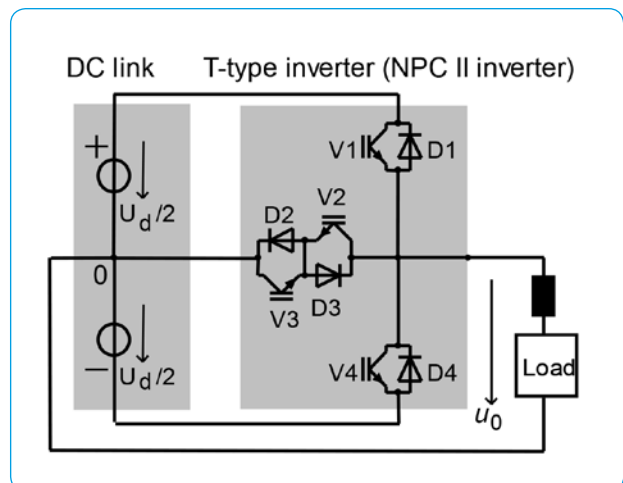


Abb. 2: 1-phasiger hart schaltender 3 Stufen NPC II (T-Type) PWR

die Klemmenspannungen u_0 je nach Schalterstellung einen der 3 Werte $+U_d/2$, 0 oder $-U_d/2$ an.

2.1. Hart schaltender 3-Stufen-PWR in der T-Type Ausführung (NPC II Inverter)

Diese Ausführung (Abb.2) wurde bereits 1980 in⁴ vorgeschlagen. Die beiden äußeren IGBTs V1 und V4 bilden zusammen mit den antiparallel geschalteten Dioden D1 und D4 einen herkömmlichen 2-Stufen-Pulswechselrichter. Mit den IGBTs V2 und V3 sowie den zugehörigen Dioden D2 und D3 entsteht ein schaltbarer Pfad zum Mittelabgriff der Eingangsgleichspannung U_d , mit dem die Klemmenspannung u_0 auf den Wert 0 geschaltet werden kann.

Diese auch als T-Type Inverter bekannte Ausführung weist besonders geringe Durchlassverluste auf und somit einen hohen Wirkungsgrad². Der wesentliche Grund hierfür liegt darin, dass dann, wenn V1 bzw. D1 oder V4 bzw. D4 leitend sind, nur ein Leistungshalbleiter von Strom durchflossen ist. Im Gegensatz dazu sind es beim NPC I Inverter zwei Leistungshalbleiter, was einen doppelten Wert der Durchlassspannung bedeutet⁴.

Schaltverluste entstehen, wenn beim Ein- bzw. Ausschalten eines IGBT gleichzeitig hohe Werte von Spannung und Strom auftreten, was als „hartes“ Schalten bezeichnet wird³. Abb. 3a zeigt ein Beispiel mit den Zeitverläufen der Kollektor-Emit-

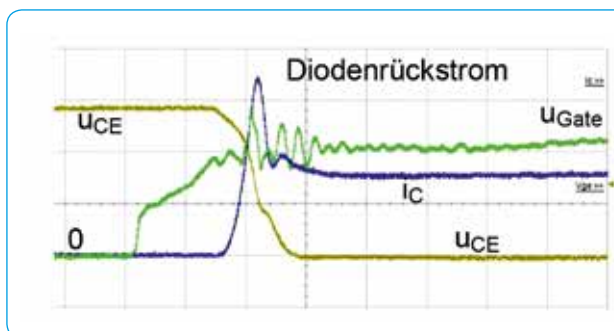


Abb. 3a: harter Ausschaltvorgang; Verlustenergie $E_{on} = 4,5 \text{ mJ}$

u_{CE} : 200 V/div; i_C : 50 A/div; u_{Gate} : 10 V/div; t : 200 ns/div

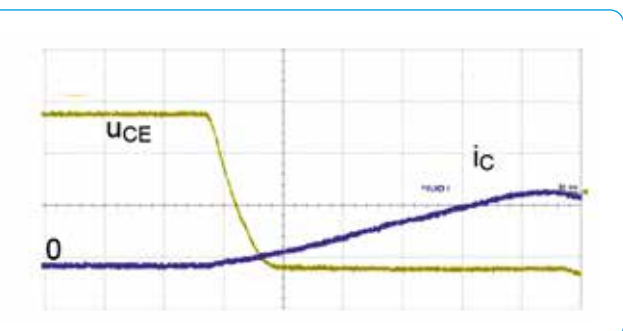


Abb. 3b: weicher Ausschaltvorgang; Verlustenergie $E_{on} = 0,1 \text{ mJ}$

ter-Spannung $u_{CE}(t)$ und des Kollektorstroms $i_C(t)$ während eines Einschaltvorgangs. Die Einschaltverlustenergie E_{on} wurde mit 4,5 mJ gemessen.

Diese Schaltverluste können insbesondere bei höheren Werten der Schaltfrequenz zeitliche Mittelwerte erreichen, die die Durchlassverluste deutlich übersteigen und sind daher hinsichtlich der Schaltfrequenz der limitierende Faktor. Der heute übliche Ansatz zur Reduzierung der Schaltverluste und damit der Erhöhung des Wirkungsgrads ist, die Dauer der Schaltvorgänge so kurz wie möglich zu halten, also Transistoren mit möglichst geringen Schaltzeiten einzusetzen.

Die kurzen Schaltzeiten verringern zwar wie gewünscht die Schaltverluste, die hohen Stromsteilheiten di/dt während der Schaltvorgänge induzieren jedoch an den parasitären Induktivitäten der Verbindungsleitungen Spannungsspitzen. Die hohen Spannungssteilheiten du/dt , die bei Silizium-IGBTs Werte bis ca. 5 kV/ μ s und bei Silizium-Karbid (Silicon carbide, SiC) deutlich über 10 kV/ μ s betragen können, wirken sich negativ auf die Störemissionen aus.

2.2. Weich schaltende 3-Stufen-PWR

Mit dem im Folgenden beschriebenen weich schaltenden 3-Stufen-Pulswechselrichter gelingt es, sowohl die Schaltverluste äußerst gering zu halten als auch die Spannungssteilheiten du/dt sowie die Stromsteilheiten di/dt auf niedrige Werte zu begrenzen. Parasitäre Leitungsinduktivitäten sind daher weniger kritisch, und die Störemission wird reduziert.

2.2.1. Soft Switching 3-Level-Inverter (S3L Inverter)

Diese neuartige und patentierte⁴ Schaltungstopologie (Abb. 4) wurde erstmals 2011 vorgestellt^{5,6}. Ausgangspunkt ist der T-Type Inverter (NPC II Inverter, Abb. 2). Dieser wurde um ein Netzwerk aus 4 Dioden, 2 Kondensatoren und 1 Spule erweitert (Abb. 4, „S3L snubber circuit“). Dieses Netzwerk bewirkt, dass jeder Ein- bzw. Ausschaltvorgang eines der 4 IGBTs „weich“ abläuft^{5,6,7,8}. Diese Schaltentlastung arbeitet prinzipbedingt verlustfrei. Abb. 4 zeigt, dass keinerlei ohmschen Widerstände vorgesehen sind, wie dies bei anderen Entlastungsnetzwerken häufig der Fall ist.

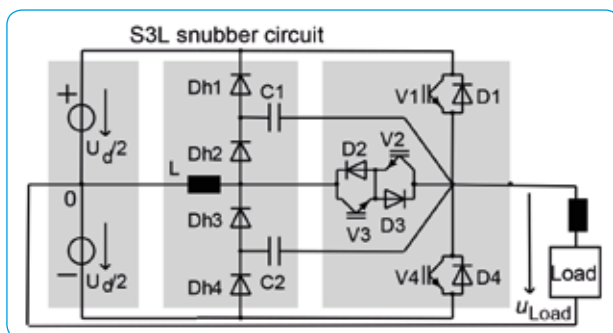


Abb. 4: Weich schaltender 3-Stufen-PWR (Soft Switching Three Level (S3L) Inverter)

Abb. 3b zeigt beispielhaft, wie sich bei diesem weichen Schalten die Zeitverläufe für $u_{CE}(t)$ und $i_C(t)$ gegenüber dem harten Schalten nach Abb. 3a verändert haben. Die Kollektorspannung fällt auf den niedrigen Wert der Durchlassspannung, während der Kollektorstrom nur langsam mit niedriger Stromsteilheit di/dt ansteigt. Das gleichzeitige Auftreten von Spannung und Strom wird vermieden, die Verlustleistung bleibt sehr gering. Die Einschaltverlustenergie E_{on} wurde von 4,5 mJ auf jetzt 0,1 mJ reduziert.

Bei einem Prototypen mit einer Leistung von 20 kVA ergaben sich Werte $di/dt < 28$ A/ μ s und $du/dt < 1000$ V/ μ s. Werte $du/dt < 500$ V/ μ s sind einstellbar. Bei hart schaltenden Si IGBTs ergeben sich dagegen bis zu ca. 5000 V/ μ s, bei SiC IGBTs bis ca. 50000 V/ μ s.

Beim S3L Inverter entstehen hohe Werte der Spannungssteilheit nur beim Einschalten der äußeren IGBTs, in allen anderen Fällen liegt eine du/dt Limitierung vor. Damit sind Störspannungen deutlich reduziert.

2.2.2. Super Soft Switching 3-Level-Inverter (SS3L Inverter)

Mit einer weiteren Modifikation des S3L Inverters lassen sich die vorgenannten Spannungssteilheiten auch beim Einschalten der äußeren IGBTs begrenzen. Um die Spannungssteilheiten beim Einschalten von IGBTs zu verringern, kann in bekannter Weise die Einschaltzeit dadurch vergrößert werden, dass der Anstieg der Gate-Emitter Spannung verzögert wird. Dies geschieht im einfachsten Fall durch einen nur beim Einschalten wirksamen Gate Vorwiderstand (Abb. 5).

Bei hart schaltenden Wechselrichtern hat diese Methode den gravierenden Nachteil, dass die Einschaltverluste drastisch ansteigen. Beim S3L Inverter ist dagegen die Stromanstiegsgeschwindigkeit beim Einschalten der IGBTs durch die Spule L begrenzt (vgl. Abb. 3b oder 6a). Wenn nun beim langsamen Einschalten des IGBTs dessen Kollektor-Emitter-Spannung vergleichsweise langsam fällt, tauchen gleichzeitig hohe Werte von Spannung und Strom nur begrenzt auf (Abb. 6b). Diese Variante des S3L Inverter wird als „Super Soft Switching Three Level (SS3L) Inverter“ (Abb. 5) bezeichnet.

Die Gate-Vorwiderstände bewirken ein langsames Einschalten von V1 und V4.

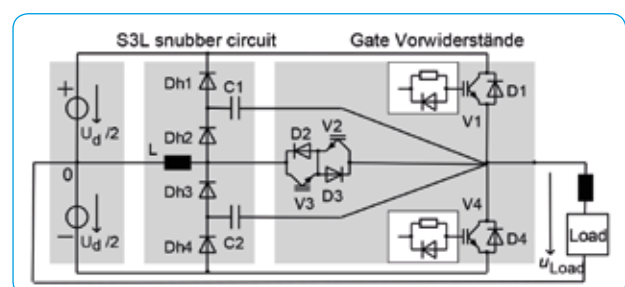


Abb. 5: Super Soft Switching 3-Level (SS3L) Inverter

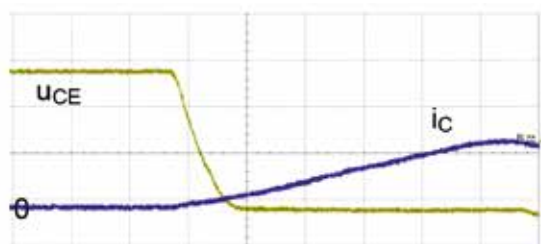


Abb. 6a: Ausschaltvorgang S3L Inverter
 i_C : 50 A/div
 u_{CE} : 200 V/div; t : 200 ns/div
 Verlustenergie $E_{on} = 0,1 \text{ mJ}$

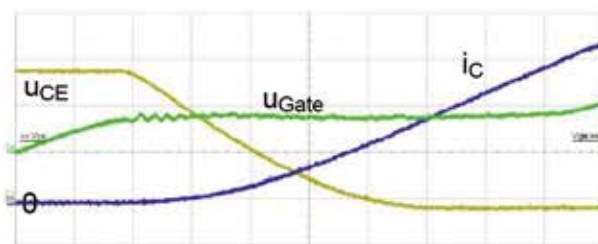


Abb. 6b: Ausschaltvorgang SS3L Inverter
 i_C : 25 A/div; u_{Gate} : 10 V/div
 u_{CE} : 200 V/div; t : 200 ns/div
 Verlustenergie $E_{on} = 1,5 \text{ mJ}$

3. Elektromagnetische Verträglichkeit EMV

Geräte der Elektrotechnik können sich grundsätzlich gegenseitig in ihrer Funktion stören. So kann zum Beispiel das Einwählen eines Mobiltelefons in eine Funkzelle zu deutlichen Knackstörungen in Lautsprechern eines PC Systems führen. Diese Effekte werden als elektromagnetische Beeinflussung (EMB) bezeichnet. Das Gesetz zur elektromagnetischen Verträglichkeit fordert, dass Geräte nur so hohe Störungen aussenden, dass andere Geräte und Systeme nicht in ihrer Funktion eingeschränkt werden. Akzeptable Werte der Störspannung sind in entsprechenden Vorschriften des VDE (Verband der Elektrotechnik Elektronik Informations-technik e.V.) festgelegt.

In Wechselrichtern wird die AC Spannung durch hochfrequentes Schalten der IGBT erzeugt. Durch das Einschalten und Ausschalten werden bei jedem Schaltvorgang Störspannungen generiert. Insbesondere leistungsstarke Umrichter erzeugen prinzipbedingt hohe Störspannungen.

Wie beschrieben sollten die hier untersuchten Schaltungstopologien reduzierte Störspannungspegel aufweisen. Die typischerweise dominierenden leitungsgebundenen Störungen werden in einem Frequenzbereich von 150 kHz bis 30 MHz gemessen.

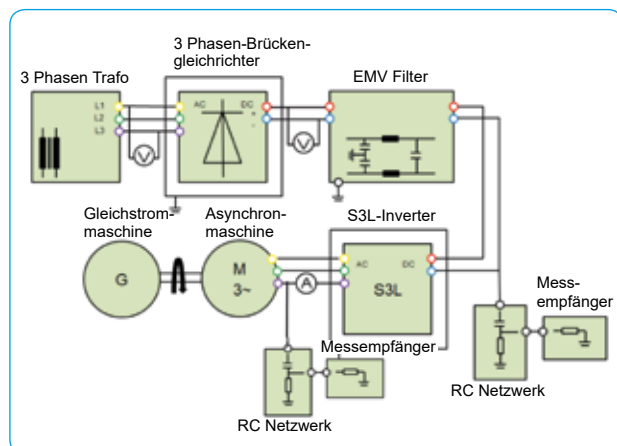


Abb. 7: Versuchsaufbau mit EMV Messpunkten.



Abb. 8: S3L Prototyp 1000 VDC, 20 kVA, 29 A

3.1. Messaufbau

Um einen direkten Vergleich der drei Schaltungstopologien H3L, S3L und SS3L sowie verschiedener Steuerverfahren hinsichtlich der Störspannungen und des Wirkungsgrads vergleichen zu können, wurde ein 3-phasiger S3L Prototyp (20 kVA, 1000 VDC, 29 A; s. Abb. 8) so ausgestattet, dass die Topologien H3L, S3L und SS3L durch einfache Umkonfigurationen geschaltet werden konnten. Da sämtliche Leistungshalbleiter, die Leiterplatte etc. immer dieselben waren, ist eine direkte Vergleichbarkeit gegeben.

Abb. 7 zeigt den Versuchsaufbau⁹. Die Eingangsspannung wird über einen Stelltransformator und einen ungesteuerten Gleichrichter bereitgestellt. Der Pulswechselrichter speist eine Asynchronmaschine, die mit einer Gleichstrommaschine mechanisch belastet werden konnte. Für die Vergleichsmessungen wurden 4 Betriebsarten gewählt: 3 Verfahren mit jeweils konstanter Pulsfrequenz von 8 kHz, 16 kHz und 32 kHz (entsprechend Schaltfrequenzen von 4 kHz, 8 kHz bzw. 16 kHz für jeden einzelnen Leistungshalbleiter) und 1 Verfahren mit einer variablen Schaltfrequenz (8–32 kHz).^{7,8}

Gemessen wurde die Störspannung auf Seiten der Eingangsspannung und auf einer Motorklemme. Im Pulswechselrichter waren keinerlei EMV Filter verbaut. Der gesamte Messaufbau war nicht normgerecht, da nur Vergleichsmessungen geplant waren.

3.2. Ergebnisse der EMV Messungen

Abb. 9 zeigt einen Vergleich der 3 Schaltungstopologien H3L (Hard Switching Three Level Inverter), S3L (Soft Switching Three Level Inverter) und SS3L (Super Soft Switching Three Level Inverter). H3L und S3L weisen ähnliche Störspannungspegel auf, SS3L dagegen deutlich geringere, da hier alle Schaltflanken du/dt -begrenzt sind.

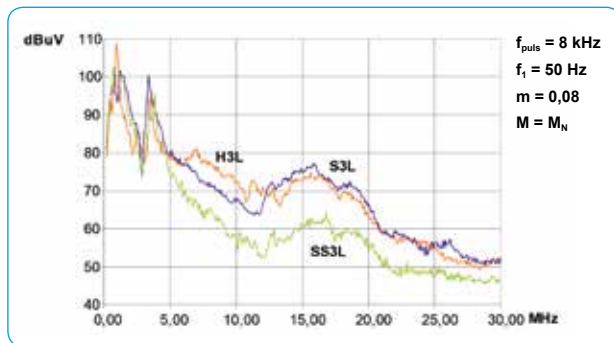


Abb. 9: Störspannungen auf der DC Seite

Abb. 10 zeigt die AC-seitigen Störpegel für denselben Betriebsfall wie zuvor. Auch hier ist die SS3L Ausführung im Vorteil.

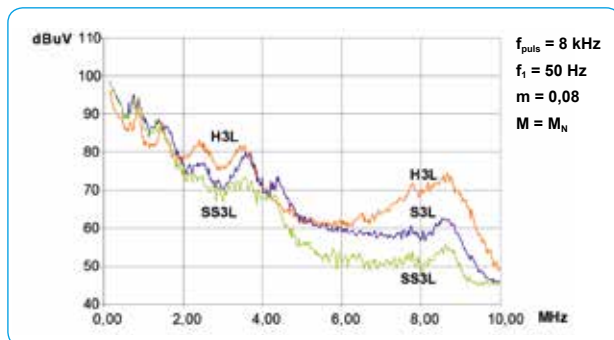


Abb. 10: Störspannungen auf der AC Seite

Bezüglich der Störspannungen weist die S3L Ausführung geringe Vorteile gegenüber H3L auf. Dass diese trotz der weichen Schaltvorgänge nicht deutlicher ausfallen, liegt daran, dass es bei S3L doch noch einige harte Schaltflanken gibt. Diese entfallen bei der SS3L Ausführung, so dass diese deutliche Vorteile aufweist.

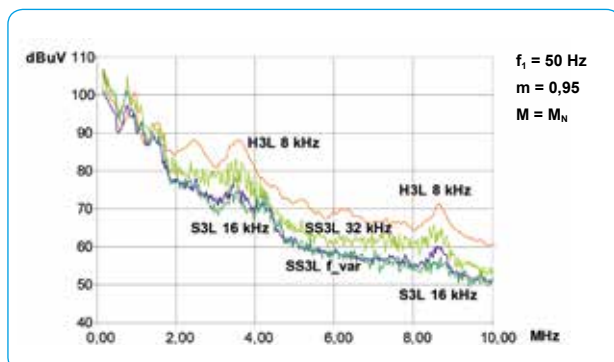


Abb. 11: Einfluss der Steuerverfahren (feste oder variable Pulsfrequenz)

Abb. 11 zeigt die Auswirkung verschiedener Steuerverfahren. Gegenübergestellt wurde eine Pulsfrequenz von 8 kHz beim H3L Inverter, 16 kHz beim S3L Inverter sowie 32 kHz bei der SS3L Ausführung. Zusätzlich wurde beim SS3L Inverter mit einer variablen Pulsfrequenz gearbeitet, die zwischen 8 kHz und 32 kHz gewobelt wurde mit einem Mittelwert von 16 kHz. (Motor mit Nenndrehzahl und Nenndrehmoment)

Im Bereich höherer Frequenzen hat letzteres Verfahren ähnliche Ergebnisse wie S3L mit 16 kHz. Interessante Unterschiede gibt es dagegen im unteren Frequenzbereich.

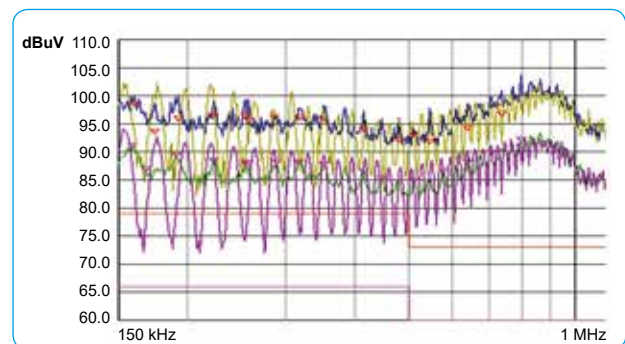


Abb. 12: Oberschwingungen bei konstanter und bei variabler Pulsfrequenz

Abb. 12 zeigt den unteren Frequenzbereich bis 1 MHz. Bei der konstanten Pulsfrequenz 22 kHz sind die Oberschwingungen deutlich erkennbar; bei der variablen Schaltfrequenz (hier gewobelt zwischen 12 kHz und 32 kHz) verschwinden diese weitgehend.

4. Wirkungsgrad

Verluste im Umrichter entstehen wie beschrieben durch Schaltverluste in den IGBT, aber auch in anderen passiven Bauelementen. Die Schaltverluste sollten durch die neue Topologie deutlich gegenüber den klassischen Betriebsweisen reduziert werden. Zur Untersuchung der Verbesserungen wurde der Wirkungsgrad der Schaltung in verschiedenen Betriebsweisen verglichen, also das Verhältnis von abgegebener Wirkleistung zu zugeführter Wirkleistung.

Bei den Wirkungsgradmessungen wurden die Eingangsleistung des Pulswechselrichters sowie 3 Ausgangsleistungen erfasst und hieraus der Wirkungsgrad berechnet. Auch hier bestand wie oben das Ziel in einer relativen Vergleichsmessung.

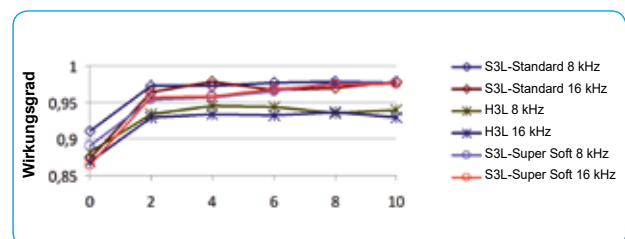


Abb. 13: Wirkungsgrade unterschiedlicher Betriebsarten



Prof. Dr.-Ing. Jürgen Freudenberger ist seit 2006 an der Hochschule tätig. Er ist Professor für Kommunikationssysteme in der Fakultät Elektro- und Informationstechnik. Seine Arbeitsgebiete umfassen Signalverarbeitung und Codierung für die sichere und zuverlässige Datenübertragung und Datenspeicherung.



Mohammed Rajab erwarb 2011 den Bachelor of Science Abschluss an der Information Technology Fakultät an der Islamic University of Gaza (IUG) und 2014 den Master of Science an der University of Science Malaysia (USM). Für sein einjähriges Forschungspraktikum an der HTWG Konstanz erhielt er ein Stipendium von der USM und arbeitete als Forschungsassistent im Labor für Ubiquitous Computing. Seit 2015 ist er Doktorand im Institut für Systemdynamik an der HTWG Konstanz und arbeitet an Verfahren zur Datenkompression und Fehlerkorrektur in Flash-Speichern. Für seine Forschung wurde er 2015 von der IEEE International Conference on Consumer Electronics ICCE in Berlin mit dem Best-Paper and Presentation Award ausgezeichnet.

Datenkompression und Fehlerkorrektur für Flash-Speicher

Jürgen Freudenberger, Mohammed Rajab

Einführung

Flash-Speicher sind digitale Speicherbausteine, die heute in einer Vielzahl elektronischer Geräte als Massenspeicher eingesetzt werden. Ursprünglich wurden sie als Speicherkarten für Digitalkameras entwickelt. So kennen wir sie in Form von USB-Sticks, SD-Karten und als SSD-Festplatte im Laptop. Sie sind inzwischen auch in praktisch allen mobilen Geräten wie Smartphones und Tablets verbaut. Neben den Anwendungen in der Unterhaltungselektronik gewinnen Flash-Speicher immer mehr Bedeutung für den Einsatz in sogenannten eingebetteten Systemen. Gerade bei Steuergeräten in Fahr- und Flugzeugen und bei medizinischen und industriellen Anwendungen ist eine hohe Zuverlässigkeit für die gespeicherten Daten von großer Bedeutung.

Die Konstanz-Firma Hyperstone entwickelt gemeinsam mit der Hochschule Konstanz (HTWG) Controllerbausteine für Flash-Speicher. Diese Controller sind für die Zuverlässigkeit der gespeicherten Daten verantwortlich. Da mit wachsender Speicherkapazität die Anzahl der Ladungsträger zur Speicherung eines Informationsbits immer weiter reduziert wird, steigt die Fehlerwahrscheinlichkeit der Speicherbausteine mit jeder neuen Generation an. Verfahren zur Fehlerkorrektur sind daher für einen zuverlässigen Einsatz von Flash-Speichern unabdingbar. Durch Datenkompression kann die Zuverlässigkeit von Flash-Speichern deutlich erhöht werden.

Was sind Flash-Speicher?

Bei einem Flash-Speicher wird Information in Form von elektrischen Ladungen auf einem sogenannten Floating-Gate Metall-Oxid-Halbleiter-Feldeffekttransistor (MOSFET) gespeichert. Anders als bei normalen Feldeffekttransistoren ist der sogenannte Gate-Bereich (Floating-Gate) elektrisch isoliert. Die elektrische Isolation des Floating-Gate bewirkt, dass die eingebrachte Ladung für lange Zeit gespeichert werden kann. Die gespeicherte Ladung beeinflusst die Leitfähigkeit des Transistors. Dadurch kann der gespeicherte Zustand ausgelesen werden, ohne dass die gespeicherte Ladung selbst beeinflusst wird. Zum Speichern der Information muss das Floating-Gate entsprechend ge-

laden oder gelöscht werden. Dies geschieht durch Anlegen relativ hoher Spannungen. Grundsätzlich ist die Anzahl der Löscho- und Speicherzyklen bei Floating-Gate Transistoren begrenzt, weil das Schreiben und Löschen zu einer Abnutzung der Isolation führt. Daher nimmt die Zuverlässigkeit der Datenspeicherung mit zunehmender Zyklenzahl ab.

Die Lebensdauer eines Flash-Speichers wird üblicherweise durch die Anzahl der möglichen Schreib-/Lesezyklen angegeben. Während zuverlässige Speichertechnologien 100.000 bis 1.000.000 Schreib-Löscho-Zyklen erlauben, werden für Consumer-Produkte heute schon Speicher mit einer Lebensdauer von weniger als 1.000 Schreib-Löscho-Zyklen eingesetzt. Da mit wachsender Speicherkapazität die Anzahl der Ladungsträger zur Speicherung eines Informationsbits immer weiter reduziert wird, steigt die Fehlerwahrscheinlichkeit der Speicherbausteine mit jeder neuen Technologie an. Bereits heute werden typischerweise weniger als 100 Elektronen pro Zelle gespeichert. Neben der Verringerung der Strukturgröße hat die Einführung von MLC-Speicherzellen (multi-level cell) zu einer Vergrößerung der Flash-Fehlerraten geführt. Bei MLC-Speicherzellen wird mehr als ein Bit pro Zelle gespeichert, was durch Verwendung von mehr als zwei Ladungszuständen (Ladungsmengen) erreicht wird. Bei der klassischen SLC-Speicherzelle (single-level cell) wird nur zwischen „geladen“ und „ungeladen“ unterschieden. Das Abspeichern von mehreren Bits pro Speicherzelle hat den Nachteil, dass die Lese- und die Schreibgeschwindigkeit reduziert werden und sich bei einem Ausfall der Zelle die Bitfehlerrate erhöht.

Flashcontroller und Fehlerkorrektur

Für einen zuverlässigen Einsatz von Flash-Speichern sind Verfahren zur Fehlerkorrektur unabdingbar¹. Die Fehlerkorrektur entwickelt sich immer mehr zum begrenzenden Faktor für den Datendurchsatz und die Speicherkapazität. Mit jeder neuen Speichertechnologie sind zunehmend komplexere Fehlerkorrekturverfahren erforderlich. Die Fehlerkorrektur ist jedoch nicht Bestandteil des Speicherbausteins, sondern erfolgt im sogenannten Flashcontroller. Dieser verrichtet zwischen Computer und Speicher seinen Dienst. Die vom Rechner transferierten Daten werden zunächst mit einem AES-Blockchiffre (Advanced Encryption Standard) verschlüsselt, um sie gegen unberechtigtes Auslesen zu schützen. Anschließend wird den verschlüsselten Daten gezielt Redundanz hinzugefügt, die es dem Decoder beim Auslesen ermöglichen soll, Fehler zu korrigieren.

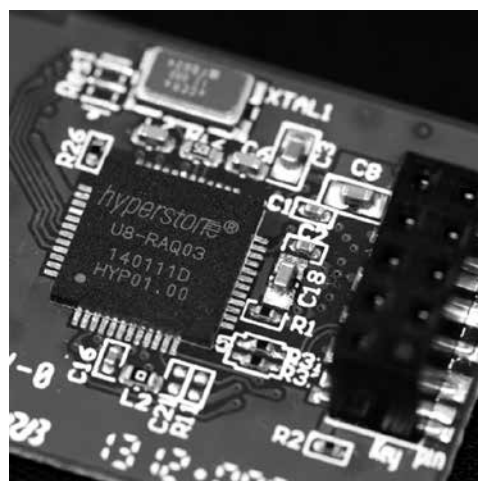
Ein Flashcontroller ist ein System-on-Chip (SOC). Als SOC bezeichnet man Systeme, bei denen alle Funktionen auf einem Chip integriert sind. Das Herz des Systems bildet der Reduced Instruction Set Computer (RISC). Dieser steuert die anderen Funktionen des Systems. Das Host-Interface ist für den Datentransfer zwischen dem Computer (Host) und dem Flashcontroller

zuständig. Das Gegenstück ist der Controller für den Datentransfer zum Flash-Speicher. Dazwischen werden die Daten verschlüsselt und für die Speicherung codiert (Error-correcting coding, ECC). Die Decodierung der fehlerhaften Daten ist dabei die rechenintensivste Anwendung.

Die HTWG arbeitet seit 2011 mit der Firma Hyperstone bei der Entwicklung von Fehlerkorrekturverfahren für Flash-Speicher zusammen. Die an der Hochschule entwickelte Fehlerkorrektureinheit²⁻⁴ wird im aktuellen S8 Flashcontroller (SD oder MMC Interface) der Firma Hyperstone verwendet und wird in einer verbesserten Version auch im neuesten USB-Controller U9 eingesetzt.

Datenkompression

Eine weitere Möglichkeit, die Leistungsfähigkeit der Flash-basierten Speicherung zu erhöhen, bieten Verfahren zur Datenkompression, welche die in den gespeicherten Daten vorhandene Redundanz ausnutzen. Durch die Kompression wird die zu schreibende Datenmenge verkleinert. Durch die Datenkompression kann zum Beispiel die sogenannte Write Amplification reduziert werden. Write Amplification ist ein unerwünschtes Phänomen im Zusammenhang mit Flash-Speichern. Es beschreibt das Problem, dass die tatsächlich auf den Flash-Speicher geschriebene Datenmenge ein Vielfaches der vom Nutzer geschriebenen Datenmenge sein kann. Write Amplification resultiert aus dem Umstand, dass Flash-Zellen gelöscht werden müssen, bevor sie neu beschrieben werden können. Dabei sind die Einheiten zum Löschen, sogenannte Blöcke, deutlich größer als die Einheiten (Pages), die gelesen oder geschrieben werden. Soll ein Block gelöscht werden, müssen Daten, die noch gültig sind, in einen anderen Flash-Bereich kopiert werden. Dadurch erhöht sich die Menge der tatsächlich geschriebenen Daten.



Die Verwendung der Datenkompression in Flash-Controllern ist bislang noch kaum gebräuchlich. Bisher ist nur ein Hersteller (LSI vormals SandForce) bekannt, der Datenkompression einsetzt. Beim bekannten Verfahren wird die positive Auswirkung auf die Schreibzeit (Write Amplification) ausgenutzt. Tatsächlich tritt dieser positive Effekt aber nur ein, wenn die Redundanz in den gespeicherten Daten recht groß ist, sodass komplette Schreibeinheiten eingespart werden.

Alternativ kann die Reduktion des Datenvolumens auch zur Erhöhung der Zuverlässigkeit genutzt werden. Im Rahmen eines vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projekts werden an der HTWG Verfahren zur Quellen- und Kanalcodierung entwickelt, um die Zuverlässigkeit für Flash-Speicher zu erhöhen. Es wird eine Kombination aus adaptiver Fehlerkorrektur und Datenkompression eingesetzt⁵⁻⁶. Dabei wird durch Datenkompression die Datenmenge reduziert. Der gewonnene Speicherplatz kann zur Erhöhung der Anzahl der Prüfstellen verwendet werden und verbessert damit die Zuverlässigkeit der nichtflüchtig gespeicherten Daten.

In einer Untersuchung wurde belegt, dass so zum Beispiel für 99 % der Datenblöcke im Calgary Corpus (einer Datensammlung zum Vergleich verschiedener Verfahren zur Datenkompression) eine Erhöhung des Fehlerschutzes möglich ist⁵. Ist die Redundanz in den gespeicherten Daten groß, kann zusätzlich die Write Amplification reduziert werden.

Zusammenfassung

In diesem Beitrag wurde die Bedeutung der Fehlerkorrektur für die zuverlässige Datenspeicherung in Flash-Speichern erläutert. Flash-Speicher sind heute eine dominierende Technologie bei Massenspeichern, also Speichermedien, die große Datenmengen dauerhaft speichern. Beim Lesen der gespeicherten Daten treten jedoch Fehler auf, deren Häufigkeit mit jeder neuen Speichertechnologie zunimmt. Eine hohe Zuverlässigkeit kann nur durch komplexe Verfahren zur Fehlerkorrektur erzielt werden. Aufgrund der rasanten Entwicklung bei Flashspeicherbausteinen ist auch eine stetige Weiterentwicklung der Korrekturverfahren notwendig. Durch den Einsatz von Verfahren, die Datenkompression und Fehlerkorrektur kombinieren, kann die Zuverlässigkeit der Datenspeicherung deutlich erhöht werden.

Quellenangaben

- [1] R. Micheloni, A. Marelli, R. Ravasio: Error Correction Codes for Non-Volatile Memories, Springer, 2008.
- [2] J. Freudenberger, J. Spinner: A configurable Bose-Chaudhuri-Hocquenghem codec architecture for flash controller applications, Journal of Circuits, Systems, and Computers, 2013.
- [3] J. Spinner, J. Freudenberger: Decoder architecture for generalized concatenated codes, IET Circuits, Devices & Systems, 2015.
- [4] J. Spinner, J. Freudenberger, S. Shavgulidze: A soft input decoding algorithm for generalized concatenated codes, IEEE Transactions on Communications, 2016.
- [5] J. Freudenberger, A. Beck, M. Rajab: A data compression scheme for reliable data storage in non-volatile memories, 5th IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE), Berlin, 2015.
- [6] T. Ahrens, M. Rajab, J. Freudenberger: Compression of short data blocks to improve the reliability of non-volatile flash memories, International Conference on Information Digital Technologies (IDT), Rzeszów, Poland, 2016.

SEITENBAU
SOFTWARE DEVELOPMENT & SERVICES



BIST DU BEREIT?
Wir bieten Praktika, Thesisthemen,
Werkstudentenjobs und Berufseinstieg
für Informatiker!

www.seitenbau.com
jobs@seitenbau.com
+49 7531 365 98 00
Seilerstraße 7
78467 Konstanz

**FÖRDERGESELLSCHAFT
DER HOCHSCHULE KONSTANZ E. V.**

WIR SIND FÜR SIE DA!
www.htwg-konstanz.de/foerdergesellschaft

- » Wir **unterstützen** unbürokratisch studentische Projekte und Initiativen
- » Wir finanzieren Preise für hervorragende **studentische Leistungen** und soziales Engagement
- » Wir pflegen ein **Netzwerk** zu Industrie und Wirtschaft

Sie haben Interesse an unserer Unterstützung?
Dann nehmen Sie Kontakt mit uns auf!

E-Mail foerdergesellschaft@htwg-konstanz.de
Telefon +49 7531 206 635

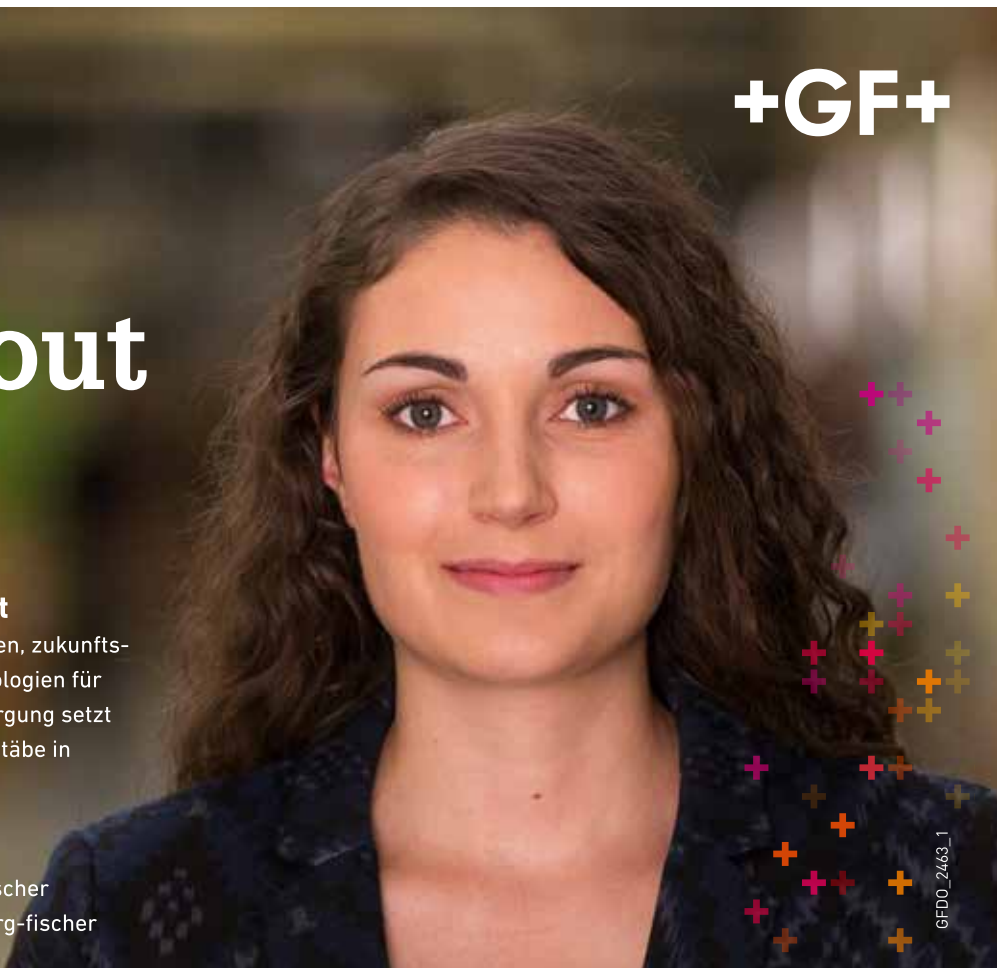
GF Piping Systems

+GF+

All about you

Innovative Köpfe gesucht
Mit intelligenten Komplettsystemen, zukunftsweisenden Produkten und Technologien für Haustechnik, Industrie und Versorgung setzt GF Piping Systems weltweit Maßstäbe in Qualität und Leistung.

www.gfps.com
www.xing.com/company/georgfischer
www.linkedin.com/company/georg-fischer



GF00_2463_1



Prof. Dr.-Ing. Dr. hc Paul Gümpel ist seit 1989 Professor und Dozent für Werkstoffkunde und -prüfung sowie Oberflächentechnik in den Maschinenbau fachbereichen an der HTWG. Von 1999–2003 war er Prorektor für Forschung und Entwicklung. Er ist wissenschaftlicher Leiter des Instituts für Werkstoffsystemtechnik Thurgau in Tägerwilen (Schweiz) und Mitglied in zahlreichen Verbänden und Gremien, so DGM, Gfkor, VDI, VDEh.



Marco Werschler hat Maschinenbau (Bachelor) und Mechatronik (Master) an der HTWG Konstanz studiert und ist zurzeit wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Werkstoffsystemtechnik. Seine Arbeitsschwerpunkte sind die tribologische Simulationsprüfung von Zahnflankenkontakten und Dehnungsinduzierte Martensitbildung metastabiler austenitischer Stähle.



Fabian Dittrich ist Student im Studiengang MKE. Er arbeitet am Institut für Werkstoffsystemtechnik an der HTWG Konstanz als studentische Hilfskraft und befasst sich mit der Übertragbarkeit von Zahnflankenkontakten auf das Zweischiebentribometer.



Konstantin Werner ist Student im Studiengang MKE. Seit August 2015 arbeitet er am Institut für Werkstoffsystemtechnik der HTWG Konstanz als studentische Hilfskraft. Hauptarbeitsgebiet ist die Untersuchung und messtechnische Erfassung der Martensitevolution in metastabilen austenitischen Stählen.

Systemdynamisch optimiertes Zweischiebentribometer: Funktionen und Anwendung

Marco Werschler, Paul Gümpel, Fabian Dittrich, Konstantin Werner

Einleitung

„Tribologie ist eine Systemeigenschaft!“ (Tribologie= Lehre von Reibung und Verschleiß). Besonders bei der Entwicklung leistungsoptimierter, reibungs- und verschleißbehafteter Bauteile bzw. Baugruppen macht sich diese Tatsache bemerkbar. Bei deren Auslegung müssen die Entwicklungsingenieure eine Vielzahl an Elementen kombinieren und eine große Zahl an Einflussgrößen beachten. Das sind neben grundsätzlichen Faktoren wie Geometrie oder Grundwerkstoff viele weitere wie Schmierstoff, Beschichtung, Oberflächenbeschaffenheit, Umgebungstemperatur und Verschmutzung. Da jeder Faktoren sich auf das Reibungs- und Verschleißverhalten und somit auf die Leistung und Lebensdauer des späteren Produkts auswirkt, ist es wichtig, dass möglichst genaue Informationen über die tribologische Wirkung und Wechselwirkung der Faktoren zu einem frühen Zeitpunkt der Entwicklung zur Verfügung stehen. Dies ist von besonderer Bedeutung, da Testphasen unterschiedlicher Systemkonfigurationen bei einem hohen Produktreifegrad sowohl zeit- als auch kostenintensiv sind. Hinzu kommt, dass gravierende Änderungen bei einem fortgeschrittenen Entwicklungsstand oft schwierig sind. An dieser Stelle setzt die tribologische Simulations- und Modellprüfung [GfT 02] an. Dabei wird das spätere System soweit vereinfacht, dass möglichst viele Einflussgrößen Berücksichtigung finden, die Umsetzung verschiedener Systemkonfigurationen jedoch schnell, unkompliziert und zu einem frühen Entwicklungszeitpunkt möglich ist [Gre12]. Das Radiale Zweischiebentribometer (RZWST) des Instituts für Werkstoffsystemtechnik an der Hochschule Konstanz (HTWG) erfüllt diese Anforderungen für eine Vielzahl wälzend beanspruchter Maschinenelemente wie beispielsweise Zahnradgetriebe oder Steuerkulissen in herausragendem Maße.

Grundlegendes Konzept

Bei einem Zweischiebentribometer handelt es sich um einen Modellprüfstand, der es ermöglicht, auf Basis einfacher Probekörper, tribologische Aspekte komplexer, wälzend belasteter Maschinenelemente im Rahmen von abstrahierten Modell- oder Simulationsversuchen darzustellen. Das Zweischiebentribometer bildet

den Wälzkontakt des zu untersuchenden Maschinenelementes im Kontakt der Mantelflächen zweier rotationssymmetrischer Probekörper bzw. Scheiben ab (Abbildung 1). Die Definitionsparameter des Kontaktes ergeben sich gemäß der hertz'schen Kontakttheorie und können durch die Durchmesser der Probekörper D_1 und D_2 , die Form der Mantelflächen und die Anpresskraft F_N eingestellt werden. Das Aufbringen der Anpresskraft F_N erfolgt bei modernen Zweischiebentribometern durch einen geregelten Linearaktor. Die für einen tribologischen Kontakt notwendige Relativbewegung in der Reibstelle der Probekörper wird über deren Umdrehungsgeschwindigkeit n_1 und n_2 realisiert. Für die Rotationsbewegung sind beide Probekörper mit jeweils einem servoelektrischen Motor verbunden.

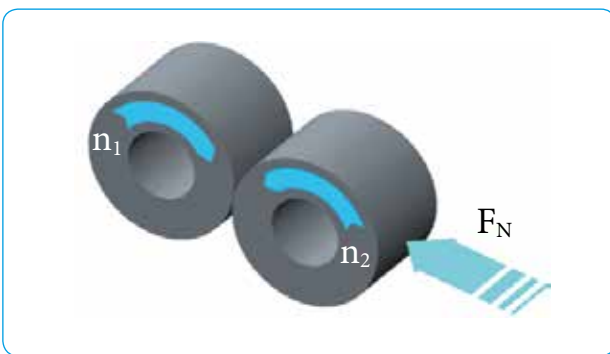


Abb. 1: Grundprinzip eines Zweischiebentribometers [Wer15]

Dieses Prinzip ermöglicht neben unterschiedlichen Kontaktarten (Punkt- oder Linienkontakt) auch variierende Belastungen (Pressung und Gleitgeschwindigkeit) im Kontakt der Probekörper. Durch eine Prüfraumkapselung mit entsprechenden Zusatzaggregaten können zusätzliche Faktoren wie Temperatur, Schmierung und/oder Verschmutzung berücksichtigt werden.

Auf dieser Basis werden im Rahmen von entsprechend parametrisierten Versuchen die tribologischen Kenngrößen eines Systems bestimmt. Die relevanten Versuchskategorien, Modell- bzw. Simulationsversuch, klassifizieren dabei den Grad der Übereinstimmung des tribologischen Kontaktes von Maschinenelement zu Probekörper bzw. die Abstraktionsstufe bezogen auf das Originalbauteil. Bei einem hohen Grad der Übereinstimmung handelt es sich um einen Simulationsversuch. Bei dieser Versuchskategorie wird besonderer Wert auf eine geometrische und kinetische Ähnlichkeit zwischen dem tribologischen Kontakt der Anwendung und des Versuches gelegt. Bei einer starken Abstraktion bzw. niedrigem Übereinstimmungsgrad spricht man von einem Modellversuch. Bei beiden Kategorien wird der Übereinstimmungsgrad des tribologischen Kontaktes oft aufgrund der nicht ausreichenden Darstellungsmöglichkeiten des verwendeten Tribometers verschlechtert [Wer15]. Wichtigstes Qualitätskriterium für die Ergebnisse von Modell- und Simulationsversuchen ist die Übertragbarkeit auf die reale Anwendung. Die Ergebnisse von Modellversuchen werden, entsprechend der hohen Abstraktion, für eine grobe Vorauswahl von Systemelementen wie bei-

spielsweise dem Grundwerkstoff der Reibpartner herangezogen bzw. sind dem Bereich der Grundlagenforschung zuzuordnen. Die Übertragbarkeit der Ergebnisse ist entsprechend kritisch zu beurteilen. Aufgrund des höheren Grades an Übereinstimmung zwischen Simulationsversuch und Anwendung ist die Übertragbarkeit der hieraus gewonnenen Ergebnisse deutlich aussagekräftiger als bei Modellversuchen. Bei der Simulationsprüfung komplexer Anwendungen ist auch die Übertragbarkeit von Simulationsversuchen oft unzureichend. Dies liegt meist an den unzureichenden Darstellungsmöglichkeiten der Anwendungskinetik durch das verwendete Tribometer [Ger12].

Radiales Zweischiebentribometer

Das RZWST (Abbildung 2) ist ein auf die Simulationsprüfung von Zahnflankenkontakten spezialisiertes Zweischiebentribometer. Dieses optimierte Tribometer ermöglicht für eine bestimmte Kategorie von Zahnflankenkontakten einen außergewöhnlich hohen Grad der Übereinstimmung bezüglich der geometrischen und kinematischen Ähnlichkeit zwischen Versuch und Anwendung. Dadurch soll die versuchstechnische Lücke zwischen Modell- und Bauteil- bzw. Probekörperversuch geschlossen bzw. die Problematik der Übertragbarkeit [Hö01] gelöst werden.

Die Auslegung des Prüfstandes erfolgte sowohl in Bezug auf die Kinematik und Belastung von ausgewählten Zahnflankenkontakten als auch auf Basis von Erfahrungen mit einem an der HTWG mitentwickelten industriellen Zweischiebentribometer. Dadurch haben sich besonders strenge Anforderungen an die Dynamik und somit die Aktorik, Sensorik und Regelung des Prüfstandes ergeben. Ein besonderer Fokus bei der Konzeptionierung lag auf einem modularen Aufbau des Prüfstandes, damit Anpassungen der Aktorik, Sensorik und Steuerung an vielfältige Prüfaufgaben möglich sind. Die Auslegung und Konstruktion des Prüfstandes erfolgte dabei im Rahmen von studentischen Projekt- und Abschlussarbeiten verschiedener Bachelor- und Masterstudiengänge. Die Herstellung der Teile für das Zweischiebentribometer erfolgte komplett durch die zentralen Werkstätten der HTWG.



Abb. 2: RZWST-Zweischiebentribometer [Wer15]

Aufbau und Aktorik

Das zentrale Element des Tribometers (Abbildung 2, Pos. 1), die scheibenförmigen bzw. zylindrischen Probekörper, können in Durchmessern von 10 bis 35 mm verwendet werden und sind in einer zur Umgebung abgeschlossenen dreiteiligen Kapsel untergebracht. Die drei Hauptelemente der Kapsel sind die aktive Seite mit Probekörper A (Abbildung 3, Pos. 1), die passive Seite mit Probekörper B (Abbildung 3, Pos. 2) und der Deckel. In der aktiven und passiven Seite ist jeweils das Lagerelement zur beidseitigen Abstützung der Probekörper untergebracht. Die aktive Seite ist linear beweglich gelagert und führt die für den Kontakt notwendige Zustellbewegung aus. Die passive Seite ist fest mit der massiven Prüfstandsgrundplatte verbunden. Beide Seiten sind mit einer modularen Platte gekoppelt, welche die jeweiligen Rotationsantriebe und Zusatzelemente aufnimmt. Der Deckel ist mit drei standardisierten Slots zur Aufnahme verschiedener Sensoren bzw. Manipulatoren ausgestattet. Der durch die drei Elemente gebildete Prüfraum wird durch entsprechende Dichtungen gegen die Umgebung abgeschlossen. Im Prüfraum können dadurch unterschiedliche Schmiervarianten wie beispielsweise Bad-, Umlauf- oder Sprühnebelschmierung umgesetzt werden. Über zwei Zugänge kann Schmierstoff zugeführt oder eine konditionierte Atmosphäre eingestellt werden. Das Containment verfügt zudem über einen geschlossenen Flüssigkeitskreislauf zur Temperierung.

Die Rotationsbewegung der Probekörper wird von jeweils einem Servomotor (Abbildung 2, Pos. 2) mit einer Nenndrehzahl von bis zu $n_{1,2} = 5500 \text{ min}^{-1}$ und einem maximalen rotierenden Moment von 2,8 Nm ausgeführt. Die Zustellbewegung der aktiven Seite bzw. die Anpresskraft zwischen den Probekörpern wird durch einen speziellen Piezostapelaktor (Abbildung 2, Pos. 3) mit $s = 300 \text{ }\mu\text{m}$ Hub und einer systembedingten Maximalkraft von $F_N = 600 \text{ N}$ realisiert.



Abb. 3: Zentrales Element des RZWST mit Probekörper und Containment [Wer15]

Steuerung und Sensorik

Das Feedback für die Aktoren liefern entsprechende Primärsensoren. Für den Piezostapelaktor sind das zum einen ein Wegsensor auf DMS-Basis mit einer Auflösung von $\Delta s = 4 \text{ nm}$ und zum anderen ein, im Kraftnebenschluss verbauter Piezo-

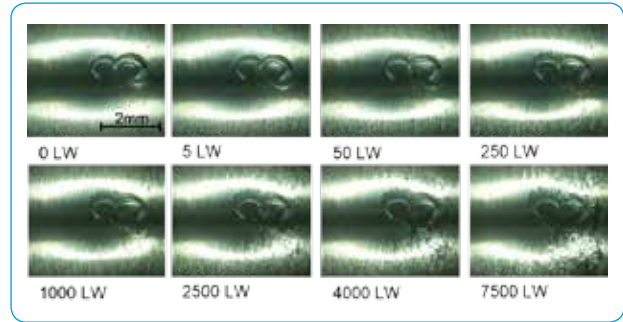


Abb. 4: Belastungsprofile zur Modell- bzw. Simulationsprüfung von Zahnflankenuntersuchungen [Wer15]

kraftsensor mit einer Auflösung von $\Delta F_N = 0,1 \text{ N}$. Das Feedback für die Rotationsbewegung wird durch jeweils einen Drehwinkelencoder mit geringem Abstand zum Probekörper und einer Auflösung von $\Delta\varphi = 0,001^\circ$ gestellt. Die Steuerung des Prüfstandes bzw. die Regelung der Aktoren wird durch einen mittels LabVIEW programmierbaren Echtzeit-Controller mit integriertem FPGA (Field Programmable Gate Array) übernommen. Dieser ermöglicht hochdynamische Regelprozesse und Prüfabläufe. Die Verbindung zur Sensorik und Aktorik erfolgt über modular austauschbare im Echtzeit-Controller integrierte Messtechnikmodule.

Auf Basis der Informationen der Primärsensoren und zusätzlicher Sensoren können unterschiedliche Aspekte des tribologischen Kontaktes während eines Versuches überwacht bzw. dokumentiert werden. Standardmäßig wird durch die drehwinkelabhängige Auswertung des DMS-Wegsensors und somit des Ausfahrzustands des Piezostapelaktors der Summenverschleiß bzw. die Summenverschleißrate eines Versuches erfasst. Durch den Einsatz eines Drehmomentsensors wird das Reibmoment gemessen, die Messung der Umgebungstemperatur erfolgt mit einem Widerstandsthermometer. Zur weiteren Vermessung des Probekörpers B können ein Infrarot-Temperatursensor zur Bestimmung der Oberflächentemperatur und ein USB-Mikroskop zur optischen Dokumentation der lastwechselbezogenen Evolution der Probekörperoberfläche (Abbildung 4) in den Slots des Deckels eingesetzt werden. Ergänzend kann eine magnet-induktive Sonde zur Bestimmung von Umformmartensit oder der Veränderung von Beschichtungsdicken eingesetzt werden. Durch die ebenfalls im Echtzeit-Controller durchgeführte Kombination von Sensordaten können unter anderem der Reibbeiwert und die aktuelle Reibleistung berechnet werden. Durch die Zuordnung der optischen Dokumentation und der Sensordaten zu einer Probekörperumdrehung bzw. zu einem Drehwinkel kann die Entwicklung des tribologischen Kontaktes und evtl. auftretender Schäden sehr gut nachverfolgt werden.

Anwendung des Radialen Zweischeibentribometers

Aufgrund der bereits beschriebenen mechanischen Umsetzung, der ausgewählten Aktoren sowie der zugehörigen Sensorik und

Steuerung ist die Darstellung und Messung von komplexen und hochdynamischen, wälzenden Beanspruchungen möglich. Für eine breit aufgestellte und genaue Untersuchung kann dabei nicht nur die reale Kinematik des Wälzkontaktes einer Anwendung simuliert werden, sondern können auch in dessen Teilbewegungen Rollen und Gleiten stufenlos variiert werden. Zudem können Teilbereiche der Probekörper innerhalb einer Probekörperumdrehung oder eines Versuchsabschnittes mit unterschiedlichen Belastungen bzw. Belastungskollektiven beaufschlagt werden. Diese Variationsvielfalt ermöglicht nicht nur das Identifizieren von Schadensursachen, sondern auch das Erarbeiten von Gegenmaßnahmen.

Das Haupteinsatzfeld des RZWST ist, entsprechend der Konzeptionierung, die Zahnflankensimulation. Im Bereich der Zahnradgetriebe haben gestiegene Anforderungen an die Materialien angesichts höherer Leistungsdichten, des Trends zum Leichtbau und anspruchsvollerer Umweltschutzanforderungen die Materialbelastungen in Grenzbereiche verschoben. Einer Auslegung anhand einfacher Kenngrößen wie Schmierstoffviskosität oder Werkstoffhärte ist dementsprechend unsicher. Wird zudem die aufwendige und kostenintensive Fertigung von Zahnraden bzw. Zahnradvarianten für Bauteilversuche berücksichtigt, werden Modell- bzw. Simulationsversuche zu einer interessanten Option, um systembezogene tribologische Kennwerte von Werkstoffsystemen in Grenzbereichen und zu einem frühen Projektzeitpunkt zu erhalten. Die bei herkömmlichen Zweiseiben-Modellversuchen recht einfach gehaltene Darstellung von anwendungsbezogenen tribologischen Wälzkontakten ist dafür oft nicht geeignet bzw. weist eine schlechte Übertragbarkeit auf. Diese Problemstellung wird im Rahmen des AREWESI-Forschungsprojektes an der HTWG untersucht. Ziel des Projektes ist die Entwicklung einer Simulationsprüfung auf Basis des RZWST mit einem hohen Grad an Übereinstimmung des tribologischen Kontaktes und der Übertragbarkeit der Ergebnisse. Eine tribologische Untersuchung mittels dem RZWST kann dabei den Umfang an Bauteilversuchen deutlich verringern und damit einen enormen wirtschaftlichen Vorteil mit sich bringen, wenn entsprechende Ergebnisse mit ausreichender Zuverlässigkeit erreicht werden.

Die Simulation der real auftretenden Zahnflankenkinematik stellt dabei sehr hohe Anforderungen an ein Zweiseiben-tribometer, da sich die relative Gleitgeschwindigkeit v_g sowie die hertz'sche Kontaktpressung im Verlauf eines Zahneingriffs hochdynamisch verändern und damit einhergehend die tribologischen Bedingungen. Im Rahmen von klassischen Modellversuchen bzw. bisherigen Simulationsversuchen wird der Zahneingriff gewöhnlich mit konstanter Kraft und konstanter Relativgeschwindigkeit angenähert (Abbildung 5, a) und somit auf einen diskreten Punkt der Zahnflanke reduziert. Bei diesen Versuchen ist besonders kritisch, dass die relative Anzahl der Oberflächenüberrollungen des tribologischen Modellkontaktes, bezogen auf die des originalen Bauteils, nicht berücksichtigt

werden. Durch die konstant eingestellten Prüfparameter, Relativgeschwindigkeit v_g und Probekörperdurchmesser $D_{1/2}$, kommt es dadurch oft zu einer unrealistisch hohen Anzahl an Oberflächenüberrollungen bzw. hohen Reibarbeiten an zumindest einem Probekörper. Der Effekt ist durch die begrenzte Anzahl an Einstellkombinationen meist nicht zu vermeiden und verhindert einen ausreichenden Grad der Übereinstimmung zwischen Versuch und Bauteil. Besonders kritisch wird dies, wenn zusätzlich Faktoren wie die Getriebeübersetzung i berücksichtigt werden sollen. Im Rahmen von Versuchen zeigt diese Art der Zahnflankendarstellung daher eine hohe und meist im Vergleich zum Realbauteil vorzeitige Ausfallwahrscheinlichkeit. In Übereinstimmung mit anderen Arbeiten und Literaturquellen zeigt das, dass diese Versuchsvariante hauptsächlich zum Aufzeigen von Tendenzen und für eine grundlegende Systemkonfiguration geeignet ist [Gre12].

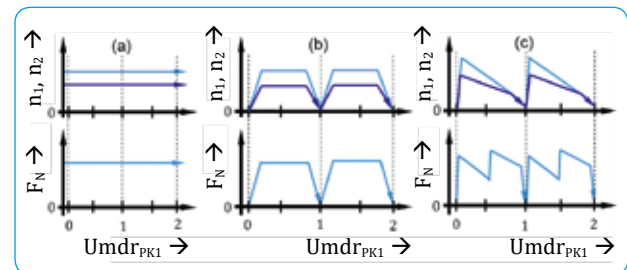


Abb. 5: Exemplarische Oberflächenentwicklung eines Probekörpers [Wer15]

Um die Übertragbarkeit von Zahnflankenkontakten auf das Zweiseiben-tribometer zu verbessern, wird im Rahmen von diskreten Simulationsversuchen der bei Modellversuchen verwendete diskrete Punkt der Zahnflanke bezüglich Kraft und Relativgeschwindigkeit nur über einen Teil der Probekörperoberfläche konstant gehalten (Abbildung 5, b). Nach jeder Umdrehung werden die Startwinkel der Probekörper wieder synchronisiert, sodass eine unrealistische Doppelüberrollung der Probekörperoberfläche vermieden wird. Zudem ist es mit dieser Prüfvariante möglich, eine Getriebeübersetzung i zu berücksichtigen.

Eine weitere Annäherung an die reale Zahnflankenkinematik stellt der kontinuierliche Simulationsversuch dar. Dabei werden im Verlauf einer Probekörperumdrehung bzw. Teilumdrehung die Kraft und Drehzahl bzw. Pressung und Relativgeschwindigkeit so variiert, dass nahezu der komplette Zahneingriff auf dem Prüfkörper abgebildet wird (Abbildung 5, c). Diese Versuche erfordern eine hochdynamische Regelung der Einflussgrößen und hochdynamische Aktoren. Der Vorteil kontinuierlicher Simulationsversuche ist, dass äquivalente Informationen der gesamten Zahnflanke in einem Versuch generiert werden und nicht nur von einem diskreten Punkt. Damit können im Vergleich mit Modellversuchen bzw. diskreten Simulationsversuchen der Verlauf und die lokalen Maxima des Abriebs bestimmt werden und einem Punkt der realen Zahnflanke zugeordnet werden.

Durch die Optionen des RZWST kann eine Zahnflanke dabei mit Originaldimensionen oder gestreckt simuliert werden.

Bisherige Ergebnisse deuten darauf hin, dass die Simulationsversuche eine genauere Vorhersage der Verschleißbeständigkeit und Reibkenngrößen ermöglichen als klassische Modell- bzw. Simulationsversuche auf gängigen Tribometern. Besonders durch die weitere Annäherung an die reale Zahnflankenkinematik kann die bestehende Diskrepanz zur Realität im Vergleich zu herkömmlichen Modellversuchen verringert werden. Zudem wird bei kontinuierlichen Simulationsversuchen ein deutlich kleinerer Versuchsumfang ermöglicht, da jeder Versuch eine komplette Zahnflanke simuliert. Aussagekräftige und belastungsfähige Ergebnisse werden vermutlich Mitte 2017 vorliegen.

Zu der bereits angesprochenen Beurteilung von Verschleißerscheinungen kann mit dem RZWST auch der Einfluss von im Kontakt wirkenden Faktoren auf das Werkstoffverhalten erfasst werden. Ein Beispiel hierfür ist die Untersuchung des metallkundlichen Verhaltens metastabiler austenitischer Stähle im Wälzkontakt.

Metastabile austenitische Stähle einer bestimmten Legierungszusammensetzung durchlaufen bei einer mechanischen Belastung eine Transformation von γ -Austenit in α' -Martensit. Dieser Umwandlungsprozess, auch als „Strain Induced Martensit“ oder „Mechanisch induziertes Härten“ bezeichnet, geht mit einer deutlichen Änderung der physikalischen Eigenschaften des Materials einher. Besonders von technischer Relevanz sind die auftretende Härte- bzw. Festigkeitssteigerung. Messtechnisch von Bedeutung ist die Änderung der magnetischen Eigenschaften von paramagnetischem Austenit zu ferromagnetischem Martensit.

Um diesen Effekt mit einem hohen Automationsgrad und lastwechselbezogenen Verlaufsinformationen zur Martensitevolution im Probekörper untersuchen zu können, kann eine zerstörungsfreie In-Situ-Messung im Prüfstand integriert werden. Das dafür verwendete FERITSCOPE MP30 der Helmut Fischer GmbH macht sich den Unterschied der magnetischen Eigenschaften der verschiedenen Phasen innerhalb einer Probe zur Bestimmung des Martensitgehaltes zu Nutze. In der Regel wird das FERITSCOPE für die Bestimmung des Ferritgehalts in austenitischen Stählen und zur Beurteilung der Schweißnahtgüte im Edelstahlbereich herangezogen. Da das FERITSCOPE alle ferromagnetischen Bestandteile innerhalb eines bestimmten Volumens erfasst, kann unter Verwendung eines Korrekturfaktors der prozentuale Martensitgehalt in austenitischen Stählen bestimmt werden, solange die ferromagnetischen Anteile eindeutig dem Martensit zugeordnet werden können.

Aufgrund der leistungsfähigen Aktorik und Sensorik des Prüfstandes ist es möglich, den Einfluss einzelner Faktoren auf

die Martensitevolution gezielt zu ermitteln. In bis dato durchgeführten Versuchen sind die folgenden Faktoren untersucht worden:

- Schubspannung
- Oberflächenrauheit
- Umfangsgeschwindigkeit
- Schlupf

Im Verlauf eines Versuches ergibt sich ein charakteristischer Verlauf der Evolution (Abbildung 6) mit parameterabhängigen, unterschiedlich quantitativen Ausprägungen. Es zeigt sich, dass sich insbesondere Schlupf, Schubspannung und Oberflächenrauheit signifikant auf den gemessenen Martensitgehalt bzw. die Martensitevolution in den zylindrischen Probekörpern auswirken.

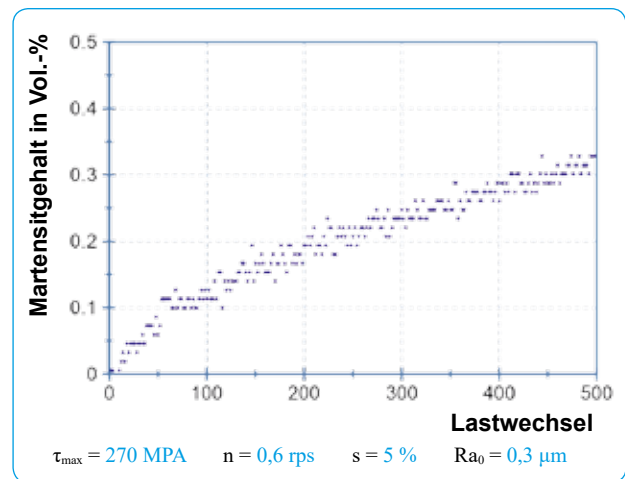


Abb. 6: Charakteristischer Verlauf der Martensitevolution eines metastabilen austenitischen Edelstahles in einem Wälzkontakt

In ersten Versuchsreihen werden zurzeit Ansätze zur Adaption des DIN ISO 14635 Fresslasttests von Getriebeölen für den RZWST untersucht. Bei diesem standardisierten Test wird die Belastungsfähigkeit von Getriebeölen in unterschiedlichen Laststufen analysiert. Im Vergleich zum Versuchsaufbau des dafür verwendeten, auf normierten Zahnradern basierenden, FZG-Zahnradverspannungsprüfstand bietet das RZWST bei variabler Belastungskinetik eine breiter aufgestellte messtechnische Basis zur In-Situ-Analyse bei gleichzeitig kostengünstigeren Probekörpern. Die Resultate der ersten Versuche zeigen, dass eine Übertragbarkeit möglich ist. Für aussagekräftige Ergebnisse müssen jedoch weitere Untersuchungen durchgeführt werden. Dies betrifft besonders das Probekörperdesign für den adaptierten Versuch.

Die hohe Dynamik des RZWST ermöglicht generell auch die Simulationsprüfung anderer wälzender, tribologisch beanspruchter Komponenten wie beispielsweise Steuerkulissen oder Wälzlager. Durch das modulare Design und die einfach adaptierbare Steuerung sind auch komplexere Anpassungen und Versuchsabläufe umsetzbar.

Neben den beschriebenen Anwendungen ist auf dem RZWST zusätzlich die Durchführung einfacher Versuche zur Bestimmung tribologischer und werkstoffkundlicher Eigenschaften möglich. Dies sind unter anderem die für Zweischeibentribometer typische Untersuchungen der Wälz- und Ermüdungsfestigkeit unterschiedlicher Werkstoffpaarungen sowie die Charakterisierung des Reibungs- und Verschleißverhaltens von Werkstoffen bzw. Werkstoffsystemen [GfT15]. Dazu gehören der Vergleich des tribologischen Einflusses unterschiedlicher Wärmebehandlungen, die Verschleißprüfung von Beschichtungen und Oberflächenbehandlungen sowie die Untersuchung von Schmierstoffen.

Zusammenfassung und Ausblick

Das RZWST ist ein speziell für die tribologische Simulationsprüfung von hochdynamischen und komplexen Wälzkontakten ausgelegter Prüfstand. Es zeichnet sich durch eine hohe sensorische, kinetische und steuerungstechnische Anpassungsfähigkeit an geforderten Prüfkonditionen aus. Der Prüfstand ermöglicht dadurch nicht nur die anwendungsnahe Simulationsprüfung unterschiedlicher Maschinenkomponenten, sondern auch die Möglichkeit einer detaillierten Analyse der Auswirkung einer aufgetragenen Belastung bzw. von Teilaspekten dieser Beanspruchung. Das RZWST bietet damit eine hervorragende Basis sowohl für die Generierung von anwendungsbezogenen tribologischen Kenngrößen als auch zur Untersuchung grundlegender werkstoffkundlicher Vorgänge.

Die zurzeit am Institut für Werkstoffsystemtechnik laufenden Versuchsreihen zur Validierung der Übertragbarkeit der Ergebnisse von Zahnflankensimulationsversuchen werden voraussichtlich bis Mitte 2017 abgeschlossen sein. Danach sollte die Simulationsprüfung von Zahnflankenkontakten auf dem RZWST entsprechend belastbare und aussagekräftige Ergebnisse generieren.

Im Weiteren ist angedacht, das Tribometer konsequent weiter zu entwickeln und zu optimieren. Dazu gehört die Ausstattung mit weiteren Komponenten zur Untersuchung unterschiedlichster Aspekte. Unter anderem ist der Einbau laseroptischer Sensoren zur quantitativen Bestimmung der Oberflächenrauheit, ein weiteres Mikroskop zur synchronen Erfassung der Oberflächenevolution beider Probekörper und der Einbau akustischer Sensoren angedacht. Zudem sollen nachgeschaltete bzw. kombinatorische Auswertoptionen der Messdaten untersucht und validiert werden, um noch aussagekräftigere bzw. mehrschichtigere Erkenntnisse aus den durchgeführten Versuchen zu erhalten.

Danksagung

Wir danken dem BMBF für die Projektförderung, allen Studierenden die an diesem Projekt in Form von Studien- oder Abschlussarbeiten mitgewirkt haben und besonders der mechanischen Werkstatt der HTWG, die uns bei der Realisierung des Prüfstandes und diverser Probekörper kompetent unterstützt hat.

Literatur

- [GfT 02] GfT Arbeitsblatt 7 [online]; Gesellschaft für Tribologie, 2015; Homepage: gft-ev.de, Quelle: http://gft-ev.de/?page_id=96 (08.09.2016)
- [GfT15] Tribologische Prüfstände – Zweischeibenprüfstand [online]; Gesellschaft für Tribologie, 2015; Homepage: gft-ev.de, Quelle: http://gft-ev.de/?suchid=35&page_id=157 (08.09.2016)
- [Gre12] Model test with a modern 2-disk-tribometer as an alternative to expensive gear box tests; Grebe, 2012; in Tagungsband „Production and Failures of gear wheels and gear boxes“
- [Hö01] Limitations of Bench testing for Gear Lubricants; Höhn et al., 2001; in „Bench testing of industrial fluid lubrication an wear properties“ von G.E. Totten, ASTM STP 1404, 2001
- [Wer15] Systemdynamisch optimierter Zweischeibentribometer Werschler et al., 2015; in Tagungsband: „Reibung, Schmierung und Verschleiß, Volume 2“ Gesellschaft für Tribologie e.V., 2015



Prof. Dr. Michael C. Hadamitzky

lehrt seit April 2000 Logistik, Einkauf, Produktion und Supply Chain Management in den Fakultäten Maschinenbau sowie Wirtschafts-, Kultur- und Rechtswissenschaften. Zuvor war er als Unternehmensberater bei A. T. Kearney im Global Automotive Core Team tätig. Er hat an der Universität Passau Betriebswirtschaftslehre studiert und während seiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Akademischer Rat an der Universität Passau und an der Technischen Universität München zum Thema „Analyse und Erfolgsbeurteilung logistischer Reorganisations“ promoviert. Seine derzeitigen Forschungsschwerpunkte sind empirisch ausgerichtete Fragestellungen zum Value Chain Management und zur Digitalen Exzellenz von Industrie und Dienstleistungsunternehmen sowie die betriebswirtschaftlich-technologische Analyse von Wertschöpfungs- und Digitalisierungsstrategien in der Automobilindustrie.



Aaron Brunsch (B.A.)

absolvierte den Bachelorstudiengang „Betriebswirtschaftslehre“ an der HTWG Konstanz. Als Masterstudent im Studiengang „Unternehmensführung“ widmet er sich im Rahmen seiner Abschlussarbeit der Untersuchung des Einflusses der Wertschöpfungstiefe auf den Unternehmenserfolg unter besonderer Berücksichtigung der Verteilungsrechnung.

Wertschöpfungstiefe und Unternehmenserfolg

Michael C. Hadamitzky, Aaron Brunsch

Dieser Beitrag untersucht Wirkungszusammenhänge zwischen Wertschöpfungstiefe und Unternehmenserfolg. Auf der Basis eines empirisch-exploratorischen Forschungsansatzes wird der Frage nachgegangen, wie sich unterschiedliche Wertschöpfungsstrategien auf den Erfolg von Unternehmen auswirken können und ob sich Erfolgsmuster identifizieren lassen. Die empirischen Analysen stützen sich auf Daten veröffentlichter Jahresabschlüsse über einen Zeitraum von 15 Jahren von 2000 bis 2014. Als Basis für das Forschungsprojekt wurde die Datenbank „AUTOVALUE“ entwickelt. In dieser sind umfangreiche Datensätze von bislang 41 Unternehmen aus der Automobilindustrie mit untersuchungsrelevanten Erfolgskennzahlen sowie wertschöpfungsorientierten Berechnungsschemata hinterlegt. Die wesentlichen Ergebnisse der Studie sind in diesem Artikel zusammengefasst, nachdem in einem ersten Beitrag die strategische Bedeutung der automobilen Wertschöpfung behandelt worden ist (siehe Forum Ausgabe 2015, S. 48–51).

Wertschöpfungstiefe als Gegenstand betriebswirtschaftlicher Forschung

Die Unternehmen der Automobilindustrie sehen sich mit einer neuen Wettbewerbsdynamik konfrontiert, die durch veränderte Rahmenbedingungen sowie durch das Auftreten neuer Wettbewerber wie Google, Uber, Tesla oder Apple geprägt ist. Erkennbare Trends wie steigende Umweltauflagen, technologische Innovationen oder die zunehmende Nachfrage nach Mobilitätsdienstleistungen sind wesentliche Treiber für die neue Wettbewerbsqualität. Darüber hinaus sehen sich die Automobilhersteller auf vielen Märkten mit moderateren oder rückgängigen Wachstumsraten sowie einem zunehmenden Kostenwettbewerb konfrontiert. Um diesen Herausforderungen entgegenzuwirken, verfolgen vor allem Automobilhersteller eine Strategie der Reduzierung ihrer Eigenleistungstiefe bei gleichzeitiger Stärkung strategischer Zuliefererkooperationen (vgl. etwa Wallentowitz et al. (2009), S. 30 f.). Entscheiden sich Unternehmen für eine derartige Vorgehensweise, stellen sie unweigerlich die Weichen für die strategische Neuausrichtung der gesamten automobilen Wertschöpfungskette und den Grad der vertikalen Integration. Das durch die Wertschöpfungsquote bestimmte Verhältnis zwi-

schen Eigenleistung und Gesamtleistung kann als Messgröße für die vertikale Integration verstanden werden (vgl. Picot (1991), S. 337 f.). Je höher der Integrationsgrad ist, desto größer ist die Wertschöpfungstiefe respektive Eigenleistung von Unternehmen (vgl. Reichwald/Piller (2009), S. 34).

Für die Ermittlung der Wertschöpfungstiefe existieren in der Literatur eine Reihe von Erklärungsansätzen. Generell lässt sich festhalten, dass je höher der Spezifikationsgrad oder der Grad der Nicht-Imitierbarkeit von Produkten, Technologien oder Teilen ausfällt, desto höher ist prinzipiell die Eigenleistungsquote des Transformationsprozesses (vgl. Krcal (2007), S. 18). Unter Rückgriff auf die Transaktionstheorie wird argumentiert, dass sich bei hoher Leistungsspezifität die eigene Wertschöpfung empfiehlt, wohingegen bei steigender Standardisierung die Fremdvergabe in Betracht gezogen werden sollte (vgl. Reichenwald (1992), S. 115).

Mit der Frage nach der strategischen Wertschöpfungstiefengestaltung setzen sich Wissenschaft und Unternehmenspraxis seit jeher auseinander. Der Themenkomplex wird aus dem Blickwinkel der Betriebsgrößenvariation ebenso diskutiert wie unter dem Aspekt der Gestaltung „virtueller Unternehmensnetzwerke“. Auf die Frage, inwieweit die Wertschöpfungstiefe den Erfolg eines Unternehmens beeinflusst, hat sich bis heute aus empirischer Sicht kein einheitliches Bild herausgebildet.

Ausgehend von diesen Erkenntnissen wurde ein auf einem empirisch-exploratorischen Forschungsansatz basierendes Langzeitprojekt initiiert, das die Wirkungszusammenhänge zwischen Wertschöpfungstiefe und Unternehmenserfolg untersuchen soll. Hierzu wurde ein entsprechender Modellrahmen konzipiert, der sowohl eine statische als auch eine dynamische Analyse ermöglicht.

Der konzeptionelle Bezugsrahmen

Das Forschungsdesign der Untersuchung basiert auf Sekundärdaten in Form publizierter Jahresabschlüsse börsennotierter Unternehmen der Automobilindustrie. Der Untersuchungszeitraum erstreckt sich auf die Geschäftsjahre 2000 bis 2014. Die im Rahmen des Projektes entwickelte Datenbank „AUTOVALUE“ enthält Datensätze von insgesamt 41 Unternehmen (14 Automobilhersteller und 27 Zulieferunternehmen). Für die Analyse werden neben Kennzahlen wie Umsatzerlöse, Mitarbeiteranzahl und EBIT-Marge vor allem Messgrößen erfasst, die eine Wertschöpfungsrechnung auf Basis der Gewinn- und Verlustrechnung zulassen.

Wie aus Abbildung 1 hervorgeht, stellt die Wertschöpfungstiefe die unabhängige Variable des Modellrahmens dar. Sie lässt sich sowohl nach der Entstehungsrechnung (Messkonzept ESR) als auch nach der Verteilungsrechnung (Messkonzept VTR)

ermitteln. Die Entstehungsrechnung gibt Aufschluss über die vom Unternehmen erbrachten Transformationen und lässt alle externen Vorleistungen in Form von Sach- und Dienstleistungen außer Acht. Demgegenüber bestimmt die Verteilungsrechnung die Wertschöpfung aus der Summe von Arbeits-, Gemein-, Fremdkapital- und Eigenkapitalerträgen (vgl. Küting (1980), S. 46 f.). Sie betrachtet damit die Zusammensetzung der Einkommensverwendung und lässt Rückschlüsse auf die Verteilung von Wertschöpfung und Einkommen auf die unterschiedlichen Stakeholder von Unternehmen zu.

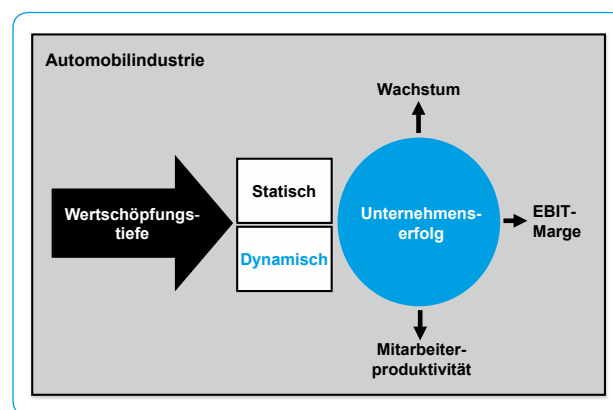


Abb. 1: Der Bezugsrahmen

Für die Messung des Unternehmenserfolgs sind für diese Phase des Forschungsprojekts folgende abhängige Variablen ausgewählt worden:

(1) Die EBIT-Marge kann als allgemeingültiger Indikator für die Unternehmensprofitabilität oder die Ertragskraft eines Unternehmens bezeichnet werden. Sie setzt sich aus dem Verhältnis von EBIT (Earnings Before Interest And Taxes) und Umsatzerlösen zusammen. Zinsen, Finanzierungsaufwendungen und -erträge sowie Steuern werden herausgerechnet, so dass lediglich die durch die eigentliche betriebliche Tätigkeit entstandenen Werte Berücksichtigung finden.

(2) Das Umsatzwachstum gibt die prozentuale Veränderung der Umsatzerlöse zu einem entsprechenden Vergleichszeitraum an und berechnet sich wie folgt:

$$\text{Umsatzwachstum} = \frac{\text{Umsatz}_t - \text{Umsatz}_{t_0}}{\text{Umsatz}_{t_0}} \times 100 \text{ (in Prozent)}$$

(3) Die Umsatzproduktivität macht deutlich, wie viel Umsatzerlöse pro Mitarbeiter erwirtschaftet werden. Sie stellt einen Indikator für die Effizienz des Wertschöpfungsprozesses dar und kann aus dem Quotient aus Umsatz und der durchschnittlichen Beschäftigtenanzahl bestimmt werden.

Um den statischen Wirkungszusammenhang zwischen Wertschöpfungstiefe und Unternehmenserfolg zu untersuchen, werden die Unternehmen in insgesamt drei Kategorien unterteilt:

- Kategorie 1 (Wertschöpfungstiefe (WT) ≥ 50 Prozent): Unternehmen, deren durchschnittliche Wert-

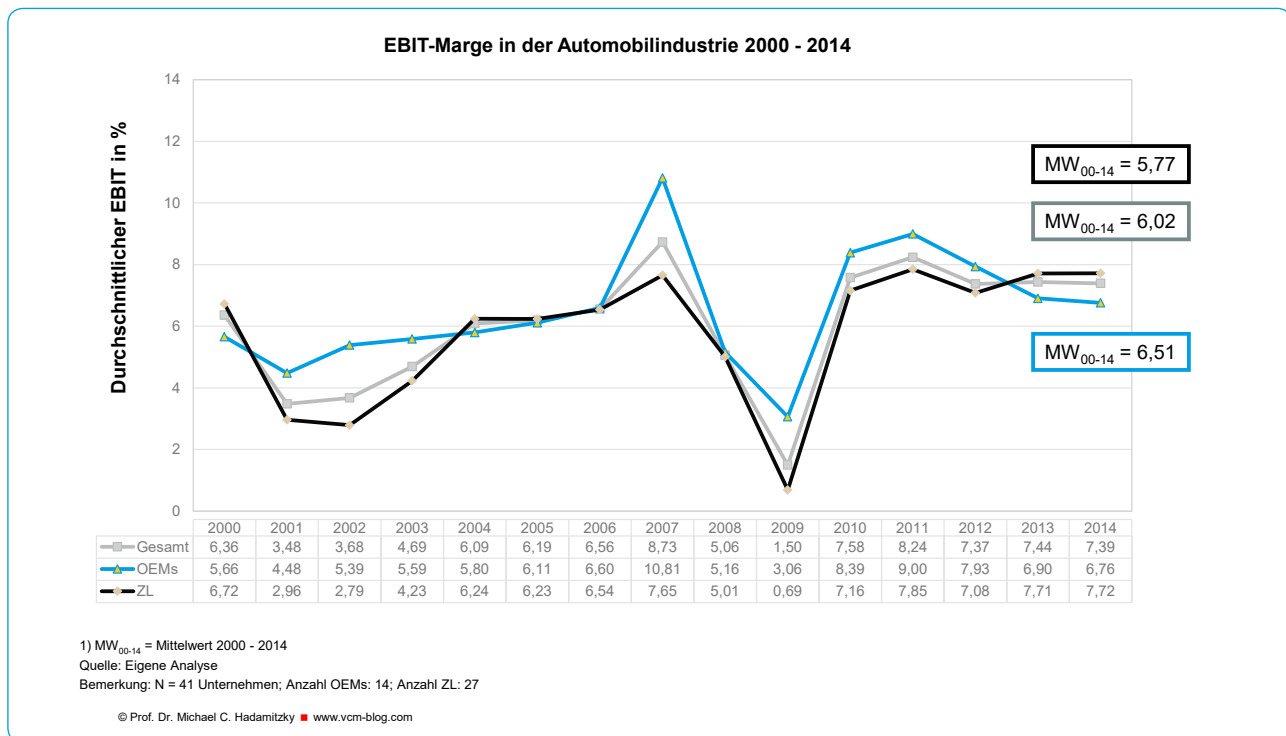


Abb. 2: EBIT-Marge in der Automobilindustrie 2000–2014

schöpfungstiefe im Untersuchungszeitraum einen Wert von mindestens 50 Prozent aufweist.

- Kategorie 2 (30 Prozent < WT < 50 Prozent): Unternehmen, deren durchschnittliche Wertschöpfungstiefe im Untersuchungszeitraum einen Wert von mehr als 30 Prozent und weniger als 50 Prozent aufweist.
- Kategorie 3 (WT < 30 Prozent): Unternehmen, deren durchschnittliche Wertschöpfungstiefe im Untersuchungszeitraum einen Wert von weniger als 30 Prozent aufweist.

Diese Kategorisierung soll dazu beitragen, explorative Aussagen über die Gestaltung der Wertschöpfungstiefe und deren Einfluss auf die definierten Erfolgsgrößen abzuleiten.

Für die dynamische Untersuchung des Einflusses der Veränderung der Wertschöpfungstiefe werden folgende Fallunterscheidungen vorgenommen:

- Erhöher ($\Delta WT > 0$ Prozent): Unternehmen, deren Wertschöpfungstiefe im Untersuchungszeitraum 2000–2014 gesteigert worden ist.
- Reduzierer ($\Delta WT < 0$ Prozent): Unternehmen, deren Wertschöpfungstiefe im Untersuchungszeitraum reduziert worden ist.

Die Basis der dynamischen Wirkungsanalyse bildet die Compound Annual Growth Rate (CAGR), die sich für die entsprechenden Erfolgsindikatoren gemäß nachfolgender Formel berechnen lässt:

$$CAGR = \left(\sqrt[n]{\frac{V(t_n)}{V(t_0)}} - 1 \right) * 100 \text{ (in Prozent)}$$

wobei: CAGR = Compound Annual Growth Rate
 $V(t_0)$ = Wert der Variable am Anfang der Periode
 $V(t_n)$ = Wert der Variable am Ende der Periode
 n = Anzahl der Jahre ($t_0 - t_n$)

Mittels der Compound Annual Growth Rate lässt sich das durchschnittliche jährliche Wachstum der Erfolgsgrößen bestimmen. Sie zeigt die mittlere Wachstumsrate auf, um die der Anfangswert über den gesamten Analysezeitraum anwächst.

Aus der empirischen Untersuchung können für den betrachteten Zeitraum insgesamt vier zentrale Erkenntnisse abgeleitet werden:

Die durchschnittliche EBIT-Marge gleicht sich zwischen Herstellern und Zulieferern immer stärker an

Betrachtet man die in Abbildung 2 dargestellte Entwicklung der EBIT-Margen, lässt sich feststellen, dass sich diese zwischen den OEMs (Original Equipment Manufacturer, Erstausrüster) und den Zulieferern zunehmend wieder angleichen. Während die Spanne der EBIT-Marge im Jahr 2011 noch rund +1,25 % betragen hat, liegt sie in 2014 bei -0,94 %. Dieser empirische Befund kann als Indiz für das veränderte Rollenspiel zwischen Zulieferern und Herstellern interpretiert werden. So ist es den Zulieferern offensichtlich gelungen, durch Unternehmens-

konzentration, Produktivitätssteigerungen und technologische Innovationen ihre Verhandlungsposition zu stärken und ihre Ergebnissituation zu verbessern. Interessanterweise ist zu beobachten, dass zwischen Unternehmensgröße und EBIT-Marge kein empirischer Zusammenhang ermittelt werden kann. Sowohl überdurchschnittlich große als auch kleinere Unternehmen weisen eine ähnlich hohe Marge auf. Dies gilt für Zulieferer wie OEMs gleichermaßen, obgleich festzuhalten ist, dass die Anzahl „kleinerer“ Zuliefererunternehmen mit einer überdurchschnittlichen EBIT-Marge sogar überwiegt. Aus strategischer Sicht kann hieraus der Rückschluss gezogen werden, dass Profitabilität nicht allein durch Wachstum und Unternehmensgröße begünstigt werden muss.

Die Produktivität in der Automobilindustrie nimmt kontinuierlich zu

Bei der Untersuchung der Umsatzproduktivität zeigt sich, dass die Hersteller im Vergleich zu den Zulieferanten einen wesentlich höheren Umsatz pro Mitarbeiter erwirtschaften. So liegt im Untersuchungszeitraum von 2000 bis 2014 die Umsatzproduktivität bei den Automobilherstellern im Durchschnitt bei

Kategorie	Anzahl	Mittelwert EM 00-14 (%)	Mittelwert UW 00-14 (%)	Mittelwert UP 00-14 (TEUR)
MW WT ₀₀₋₁₄ ≥ 50	0 8	6,83	131,30	142,29
30 < MW WT ₀₀₋₁₄ < 50	6 17	6,23	89,46	239,86
MW WT ₀₀₋₁₄ < 30	8 2	4,99	104,42	397,83

● OEM ● Zulieferant

MW = Mittelwert; CAGR = Compound Annual Growth Rate; EM = EBIT-Marge;
 UW = Umsatzwachstum; UP = Umsatzproduktivität
 Note: Durchschnittswerte WT₀₀₋₁₄

Abb. 3: Wertschöpfungstiefe und Unternehmenserfolg (statische Betrachtung)

382,2 TEUR, wohingegen die Zulieferer eine durchschnittliche Umsatzproduktivität von 192,7 TEUR ausweisen. Es fällt auf, dass die OEMs (+53,7 %) über den gesamten Analysezeitraum ihre Umsatzproduktivität um knapp drei Prozent mehr steigern konnten als die Zulieferer (+50,6 %). Allerdings zeichnet sich ab dem Geschäftsjahr 2009 bei den Zulieferanten (50,6 %) ein deutlich höherer Anstieg der Umsatzproduktivität ab als bei den OEMs (34,5 %). Auffällig ist auch der extreme Anstieg der Umsatzproduktivität im Jahr 2009 von 344,8 TEUR auf 427,6 TEUR seitens der OEMs. Möglicherweise haben Unternehmen die Auswirkungen der Finanzkrise dazu genutzt, um bilanzpolitische Korrekturen vorzunehmen, was speziell für die OEMs als zutreffend erscheint.

Unternehmen mit einer hohen Wertschöpfungstiefe sind relativ erfolgreicher

Wie aus Abbildung 3 hervorgeht, weisen Unternehmen mit einer Wertschöpfung von mehr als 50 % sowohl eine höhere EBIT-Marge als auch ein stärkeres Umsatzwachstum aus. Im Vergleich zu den Unternehmen mit einer geringen Wertschöpfungstiefe (Kategorie 3) ist die EBIT-Marge um knapp 37 % und das Umsatzwachstum um rund 26 % höher. Allerdings erzielen Unternehmen mit einer niedrigen Wertschöpfungstiefe die höchsten Werte hinsichtlich der Umsatzproduktivität. Dies kann einerseits darauf zurückgeführt werden, dass sich in dieser Kategorie vor allem Automobilhersteller befinden, die insgesamt einen höheren Pro-Kopf-Umsatz verzeichnen. Zum anderen lässt sich argumentieren, dass durch die Fokussierung auf umsatzstarke Unternehmensaktivitäten die Umsatzproduktivität zu Lasten der EBIT-Marge zunimmt.

Unternehmen der Kategorie 2 (WT zwischen 30 % und 50 %) erzielen die geringsten Werte hinsichtlich des Umsatzwachstums, weisen aber eine höhere EBIT-Marge als Unternehmen mit einer niedrigeren Wertschöpfungstiefe auf. Besonders interessant erscheint die Analyse im Hinblick auf eine Differenzierung zwischen Zulieferanten und Automobilherstellern. Hier zeigt sich, dass speziell Unternehmen der Zulieferindustrie mit einer relativ höheren Wertschöpfungstiefe sowohl eine überdurchschnittliche EBIT-Marge als auch ein höheres Umsatzwachstum im Vergleich zu allen anderen Unternehmen erzielen. Erkennbar ist auch, dass die Kategorie mit geringer Wertschöpfung hauptsächlich aus Herstellerunternehmen besteht und nur zwei Zulieferanten beinhaltet.

Eine Erhöhung der Wertschöpfungstiefe führt zu einer Verbesserung der Erfolgsgrößen

Die dynamische Analyse bringt zum Ausdruck: Wertschöpfung lohnt sich! Abbildung 4 (s. S. 62) verdeutlicht, dass Unternehmen, die in den vergangenen 15 Jahren ihre Wertschöpfung erhöht haben, bessere CAGR-Ergebnisse bei der EBIT-Marge, dem Umsatzwachstum und der Bruttowertschöpfung erzielt haben. Dieser empirische Befund gilt für Hersteller wie Zulieferanten gleichermaßen und kann durch eine Analyse auf Basis der Verteilungsrechnung sogar untermauert werden, da die Ergebnisse beider Messkonzepte nicht grundlegend voneinander abweichen.

Anhand der empirischen Befunde wird deutlich, dass Unternehmen, die im Untersuchungszeitraum ihre Wertschöpfungstiefe erhöht haben, ihre Erfolgsgrößen überwiegend verbessern konnten. So weisen die „Erhöher“ nicht nur wesentlich größere CAGR-Werte bei der EBIT-Marge auf. Sie verzeichnen auch stärkere Umsatzwachstumsraten sowie deutlich höhere Werte beim Zuwachs der Bruttowertschöpfung. Demgegenüber konnten die

Kategorie	Anzahl	MW CAGR ΔEM_{00-14} (%)	MW CAGR ΔUW_{00-14} (%)	MW CAGR ΔUP_{00-14} (%)	MW CAGR ΔBWS_{00-14} (%)
Erhöher $\Delta WTESR/00-14 > 0$ Prozent	6 12	1,44	4,72	2,40	5,66
Reduzierer $\Delta WTESR/00-14 < 0$ Prozent	8 15	0,15	3,75	2,60	2,40
Erhöher $\Delta WTVTR/00-14 > 0$ Prozent	7 11	1,47	4,79	2,25	5,69
Reduzierer $\Delta WTVTR/00-14 < 0$ Prozent	7 16	0,12	3,70	2,71	2,38

1) MW = Mittelwert; CAGR = Compound Annual Growth Rate;
 EM = EBIT-Marge; UW = Umsatzwachstum; UP = Umsatzproduktivität;
 BWS = Bruttowertschöpfung; ESR = Entstehungsrechnung;
 VTR = Verteilungsrechnung
 Source: Eigene Analysen
 Note: Durchschnittswerte WT₀₀₋₁₄



OEM



Zulieferant

Abb. 4: Wertschöpfungsveränderung und Unternehmenserfolg (dynamische Betrachtung)

Unternehmen, die ihre Wertschöpfungstiefe im Laufe der Jahre reduziert haben, vor allem die Umsatzproduktivität steigern.

Im Zeitalter von Disruption und Digitalisierung erfährt die Strategie der Wertschöpfungserhöhung eine neue Dimension. So ergeben sich durch die digitalen Technologien nicht nur Chancen für neue Geschäftsmodelle, sondern zugleich auch völlig andere strategische Handlungsoptionen für die Gestaltung der Wertschöpfungskette. Hierzu wird es erforderlich sein, den Begriff der Wertschöpfung neu zu definieren. Harald Krüger, Vorstandsvorsitzender der BMW AG, stellt zukunftsweisend fest: „Wir sind mitten in einer Phase der Transformation in die digitale Welt (...). Wenn ich das alles zusammennehme, dann werden die Veränderungen in den kommenden zehn Jahren größer sein als in den letzten dreißig Jahren zusammengekommen“ (DIE ZEIT Nr. 43/2015).

Zusammenfassung

Aus der empirisch fundierten Untersuchung der Wirkungszusammenhänge zwischen Wertschöpfungstiefe und Unternehmenserfolg in der Automobilindustrie lassen sich folgende Einsichten gewinnen:

1. Die Einsicht, dass sich Wertschöpfungsstrategien auf der Basis externer Informationen mit Hilfe betriebswirtschaftlicher Methoden messen lassen.
2. Die Einsicht, dass die in anderen Branchen zu

beobachtende Strategie der Leistungstiefenreduzierung auch in der Automobilindustrie in den vergangenen Jahren einen empirisch nachweisbaren Niederschlag gefunden hat.

3. Die Einsicht, dass Unternehmen mit einer hoher Wertschöpfungstiefe mithin erfolgreicher sein können als Unternehmen mit einer niedrigeren Wertschöpfungstiefe.
4. Die Einsicht, dass sowohl Zulieferanten als auch Hersteller ohne klare Wertschöpfungsstrategie weniger erfolgreich sind als Unternehmen mit einer fokussierten oder wertschöpfungsorientierten Sichtweise ihrer Unternehmensaktivitäten.
5. Die Einsicht, dass speziell bei Zulieferunternehmen eine Strategie der wertschöpfungsorientierten Neuausrichtung der Unternehmensaktivitäten zu erkennen ist.
6. Die Einsicht, dass sich Wertschöpfung lohnen kann und Unternehmen, die ihre Eigenleistungsquote erhöhen, relativ erfolgreicher sind als Unternehmen, die verstärkt auf Fremdvergaben setzen.
7. Die Einsicht, dass Unternehmen der Automobilindustrie ihre Wertschöpfungsstrategie vor dem Hintergrund der Digitalisierung fundamental überdenken müssen. Die Kernfrage dabei lautet: Wie wenig eigene Kompetenzen kann sich ein Unternehmen zukünftig leisten, um im digitalen Wettbewerb bestehen zu können?

Literatur

Buzzell, Robert D.; Bradley T. Gale (1989): Das PIMS-Programm. Strategien und Unternehmenserfolg, Wiesbaden 1989

Coenenberg, Adolf G.; Haller, Axel; Schultze, Wolfgang: Jahresabschluss und Jahresabschlussanalyse. Betriebswirtschaftliche, handelsrechtliche, steuerrechtliche und internationale Grundlagen – HGB, IAS/IFRS, US-GAAP, DRS, 23., überarbeitete Auflage, Stuttgart 2014

DIE ZEIT Nr. 43/2015, 22. Oktober 2015

Haller, Axel (1997): Wertschöpfungsrechnung – Ein Instrument zur Steigerung der Aussagefähigkeit von Unternehmensabschlüssen im internationalen Kontext, Stuttgart, 1997

Krcal, Hans-Christian (2007): Strategische Implikationen einer geringen Fertigungstiefe für die Automobilindustrie, Discussion Paper Series 456, Heidelberg 2007

Lehmann, Max Rudolf (1954): Leistungsmessung durch Wertschöpfungsrechnung, 1. Auflage, Essen 1954

Nicklisch, Heinrich (1932): Die Betriebswirtschaft, 7. Auflage, Stuttgart 1932

Picot, Arnold (1991): Ein neuer Ansatz zur Gestaltung der Leistungstiefe, in: Schmalenbachs Zeitschrift für betriebswirtschaftliche Forschung, 43. JG (1991), S. 336–357

Reichwald, Ralf; Piller, Frank (2009): Interaktive Wertschöpfung. Open Innovation, Individualisierung und neue Formen der Arbeitsteilung, 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage, Wiesbaden 2009

Pohmer, Dieter (1958): Betriebswirtschaftliche Bedeutung und Ermittlung der betrieblichen Wertschöpfung, in: ZfB, 28 (1958), S. 148–156

Schmeisser, Wilhelm; Schindler, Falko; Schütz, Kerstin (2007): Wertschöpfungsrechnungen als Instrumente für finanzorientierte Erfolgskomponenten und Personalanalysen im Rahmen des Berliner Balanced Scorecard Ansatzes, in: Schmeisser, Wilhelm; Zündorf, Horst; Eckstein, Peter; Krimphove, Dieter (Hrsg.): Finanzwirtschaft, Finanzdienstleistungen, empirische Wirtschaftsforschung, Band 7, 1. Auflage, München/Mering 2007, S. 49–64

Simon, Hermann (2007): Hidden Champions des 21. Jahrhunderts. Die Erfolgsstrategien unbekannter Weltmarktführer, Frankfurt/Main 2007

Wallentowitz, Henning; Freialdenhoven, Arndt; Olschewski, Ingo (2009): Strategien in der Automobilindustrie. Technologietrends und Marktentwicklungen, 1. Auflage, Wiesbaden 2009

Weber, Helmut Kurt (1980): Wertschöpfungsrechnung, Stuttgart 1980

Wildemann, Horst (1997): Fertigungsstrategien – Reorganisationskonzepte für eine schlanke Produktion und Zulieferung, München 1997

Studienangebot

Ein breites Spektrum bietet vielfältige Möglichkeiten

Technik

Technik & Wirtschaft

Wirtschaft

Gestaltung

Bachelor

AIN • Angewandte Informatik	GIB • Gesundheitsinformatik	BWB • Betriebswirtschaftslehre	BAR • Architektur
AIT • Automobil-informationstechnik	WIN • Wirtschaftsinformatik	WRB • Wirtschaftsrecht	BKD • Kommunikationsdesign
BIB • Bauingenieurwesen	WIB • Wirtschaftsingenieurwesen Bau	BAC • Wirtschaftssprachen Asien und Management/China	
EIB • Elektrotechnik und Informationstechnik	EIW • Wirtschaftsingenieurwesen Elektro- und Informationstechnik	BAS • Wirtschaftssprachen Asien und Management/Südost- und Südasiens	
MEP • Maschinenbau Entwicklung und Produktion	WIM • Wirtschaftsingenieurwesen Maschinenbau		
MKE • Maschinenbau Konstruktion und Entwicklung			
URB • Umwelttechnik und Ressourcenmanagement			
VUB • Verfahrens- und Umwelttechnik			

Master

ASE • Automotive Systems Engineering	BIT • Business Information Technology	ASM • International Management Asien	MAR • Architektur
MBI • Bauingenieurwesen	MMS • Mechanical Engineering and International Sales Management	WRM • Legal Management	MKD • Kommunikationsdesign
EIM • Elektrische Systeme	MWI • Wirtschaftsingenieurwesen · Bauwesen · Elektrotechnik- und Informationstechnik · Maschinenbau	BWM • Unternehmensführung	
MSI • Informatik		GM • MBA General Management*	
MME • Mechatronik		HCM • MBA Human Capital Management*	
UVT • Verfahrens- und Umwelttechnik		CCG • MBA Compliance and Corporate Governance*	
SEM • Systems Engineering*	IPE • International Project Engineering (ab 2017)		
PT • Packaging Technology (englisch)*			

* berufsbegleitende Studiengänge

Promotion

Kooperatives Promotionskolleg

Die Forschungsinstitute der HTWG

und ihre zentralen Forschungsgebiete

Institut für Optische Systeme – IOS:

Bildverarbeitung, Computergrafik, Lichttechnik,
Fertigungsmesstechnik

Direktor: Prof. Dr. Georg Umlauf

Tel.: +49 (0) 7531 206-380

E-Mail: georg.umlauf@htwg-konstanz.de

Homepage: <http://www.ios.htwg-konstanz.de>

Institut für professionelles Schreiben – IPS:

Bild-, Präsentations- und Schreibrhetorik

Direktor: Prof. Dr. Volker Friedrich

Tel.: +49 (0) 7531 206-659

E-Mail: de ips@htwg-konstanz.de

Homepage: <http://www.ips.htwg-konstanz.de>

Institut für Systemdynamik Konstanz – ISD:

Regelungstechnik, Signalverarbeitung und Optimierung
dynamischer Systeme

Direktor: Prof. Dr. Jürgen Freudenberger

Tel.: +49 (0) 7531 206-150

E-Mail: jfreuden@htwg-konstanz.de

Homepage: <http://www.isd.htwg-konstanz.de>

Institut für Strategische Innovation und Technologiemanagement – IST:

Strategische Innovation und Transformation, Technologie-
management, gewerblicher Rechtsschutz

Direktor: Prof. Dr. Guido Baltes

Tel.: +49 (0) 7531 206-310

E-Mail: guido.baltes@htwg-konstanz.de

Homepage: <http://www.htwg-konstanz.de/Institut-fuer-Strategische-Inn.ist.0.html>

Institut für angewandte Thermo- und Fluid- dynamik – IATF:

Numerische Strömungsmechanik, thermische Verfahrenstech-
nik, Energiefragen im Zusammenhang mit Wasserstofftechno-
logie und Brennstoffzellen

Direktor: Prof. Dr. Werner Hofacker

Tel.: +49 (0) 7531 206-593

E-Mail: werner.hofacker@htwg-konstanz.de

Homepage: <http://www.htwg-konstanz.de/Institut-fuer-angewandte-Therm.iatf.0.html>

Konstanz Institut für Corporate Governance – KICG:

Betriebswirtschaftlich-juristische Corporate-Governance-
Forschung

Direktor: Prof. Dr. Stephan Grüninger

Tel.: +49 (0) 7531 206-251

E-Mail: stephan.grueninger@htwg-konstanz.de

Homepage: <http://www.htwg-konstanz.de/Institut.1162.0.html>

Konstanzer Institut für Prozesssteuerung – KIPS:

IT-gestützte Modellierung und Optimierung von Geschäfts-
prozessen

Direktor: Prof. Dr. Marco Mevius

Tel.: +49 (0) 7531 206-515

E-Mail: marco.mevius@htwg-konstanz.de

Homepage: <http://kips.htwg-konstanz.de/index.php/de>

Institut für Werkstoffsystemtechnik Konstanz – WIK:

Werkstoffe, Fertigungsprozesse und Verfahren

Direktor: Prof. Dr. Dr. h.c. Paul Gümpel

Tel.: +49 (0) 7531 206-579 und -316

E-Mail: guempel@htwg-konstanz.de

Homepage: <http://www.htwg-konstanz.de/Institut-fuer-Werkstoffsystemt.2704.0.html>

Institut für Angewandte Forschung (IAF):

Das IAF, 1986 gegründet, ist mit seinen 42 persönlichen und
acht institutionellen Mitgliedern das Dach der forschenden Pro-
fessorinnen und Professoren sowie der Forschungsinstitute der
Hochschule.

Wissenschaftlicher Direktor:

Prof. Dr. Gunter Voigt

Tel.: +49 (0) 7531 206-510

Homepage: <http://www.htwg-konstanz.de/Institut-fuer-Angewandte-Forsc.139.0.html>

Stellvertretender Wissenschaftlicher Direktor:

Prof. Dr. Christian Krekeler

Tel.: +49 (0) 7531 206-395

E-Mail: krekeler@htwg-konstanz.de

Experten

Expertenprofile der Professorinnen und Professoren der HTWG Konstanz

Fakultät Architektur und Gestaltung

Prof. Andreas Bechtold

Lehrgebiete: Timebased-Design, Bewegtbild im Kommunikationsdesign: Filmtechnik, Drehbuch und Dramaturgie des Erzählens, Regie, Schnitt, Sounddesign und Filmgeschichte. *Forschungsgebiete:* Anthropologie des Erzählens. Entwicklung eines nachhaltigen Lehrkonzeptes zur Vermittlung aktiver Medienkompetenzen (journalistisches Arbeiten, Konzeption und Umsetzung von TV-Formaten etc.). *Spezielles Fachwissen:* Drehbuchautor und Kinderbuchautor.

Tel.: +49 (0)7531 206-772

E-Mail: andreas.bechtold@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. phil. Volker Friedrich

Lehrgebiete: Professur für Schreiben und Rhetorik. *Forschungsgebiete:* Philosophie, Rhetorik, Schreibforschung, Medientheorie. *Spezielles Fachwissen:* Medienkonzeption, -produktentwicklung und -realisation.

Tel.: +49 (0)7531 206-659

E-Mail: volker.friedrich@htwg-konstanz.de

Prof. Oliver Fritz

Lehrgebiete: Digitale Medien CAD/CAM und Architekturdarstellung. *Forschungsgebiete:* CAD/CAM, computerunterstützte Gestaltungs- und Simulationsprozesse, Building Information Modelling, Darstellungsmethodik, Mass Customization, Partizipationsmodelle. *Spezielles Fachwissen:* Medienkonzeption, Produktentwicklung und -realisation.

Tel.: +49 (0)7531 206-536

E-Mail: oliver.fritz@htwg-konstanz.de

Prof. Myriam Gautschi

Lehrgebiete: Entwerfen, Innenraumgestaltung, Ausbautechnologie. *Forschungsgebiete:* Raum-Wahrnehmung, Material und Raum, Licht und Raum, Charlotte Perriand, interkulturelles und kulturelles Gestalten. *Spezielles Fachwissen:* Brasilianische Architektur der Moderne, Tageslicht und Kunstlicht in der Architektur.

Tel.: +49 (0)7531 206-586

E-Mail: myriam.gautschi@htwg-konstanz.de

Prof. Judith Grieshaber

Lehrgebiete: Kommunikationsdesign und Mediadesign, analytisches Gestalten, experimentelles und konzeptionelles Gestalten, Ausstellungskonzeption und -design, Kommunikationsprogramme, Kultur und Kommunikation im öffentlichen Raum. *Forschungsgebiete:* Anmutungs- und Wirkungsprofile interkulturell, Unternehmenskultur und -kommunikation im internationalen Kontext. *Spezielles Fachwissen:* Durchführung von Seminaren zu Unternehmenskommunikation und -kultur, Corporate Identity, Massenkommunikation und Marketing.

Tel.: +49 (0)7531 206-856

E-Mail: judith.grieshaber@htwg-konstanz.de

Prof. Katrin Günther

Lehrgebiete: Künstlerische Darstellung und Gestaltung. *Forschungsgebiete:* Künstlerische Zeichnung, Architekturzeichnung, experimentelle Arbeit in der ästhetischen Bildung. *Spezielles Fachwissen:* Künstlerische Darstellungsmethoden in der Architektur und der Landschaftsarchitektur, Bildende Kunst.

Tel.: +49 (0)7531 206-196

E-Mail: katrin.guenther@htwg-konstanz.de

Prof. Lydia Haack

Lehrgebiete: Entwerfen und Baukonstruktion, Konstruktives Entwerfen. *Forschungsgebiete:* Entwurfsmethodik, Formfindungsprozesse, Bausysteme. *Spezielles Fachwissen:* Corporate Architecture, serielles Bauen, industrielles Bauen.

Tel.: +49 (0)7531 206-195

E-Mail: lydia.haack@htwg-konstanz.de

Prof. Karin Kaiser

Lehrgebiete: Kommunikationsdesign. *Forschungsgebiete:* Knowledge Media Design, interdisziplinäre Arbeits- und Explorationsformen, visuelle Identitäten. *Spezielles Fachwissen:* Editorial Design, Corporate Design, interdisziplinäre Projekte (Knowledge Media Design, Environmental Design).

Tel.: +49 (0)7531 206-854

E-Mail: karin.kaiser@htwg-konstanz.de

Prof. Josef Lenz

Lehrgebiete: Entwerfen (besonders Wohnungsbau, Museen),

Baukonstruktion (besonders Niedrigenergiebauweise, Passivhaus-Standards). *Spezielles Fachwissen:* Passivhaus-Entwicklung, Solartechnik, Ausstellungsdesign, Museumskonzepte.

Tel.: +49 (0)7531 206-188

E-Mail: josef.lenz@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Rolf Neddermann

Lehrgebiete: Baumanagement mit den Bereichen: Bauwirtschaft, Baubetrieb und -durchführung, Baukonstruktion. *Forschungsgebiete:* Baukostenplanung, kostengünstiger Wohnungsbau, Kostenplanung im Altbaubereich, Kosten- und Leistungsrechnung für Architekten und Ingenieure, Fachveröffentlichungen, Fortbildungen.

Tel.: +49 (0)7531 206-688

E-Mail: rolf.neddermann@htwg-konstanz.de

Prof. Jochen Rädeker

Lehrgebiete: Kommunikationsdesign mit Schwerpunkt Corporate Identity und Corporate Design; Branding, Markenstrategie, Markenpositionierung, Erscheinungsbilder, Graphical User Interface (GUI); Typographie; Präsentationstechniken; Nachhaltigkeits- und Finanzmarktkommunikation; Designethik. *Forschungsgebiete:* Nachhaltigkeitskommunikation. *Spezielles Fachwissen:* Marketingstrategie und Markenentwicklung, Packaging Design, globale Markenführung, Unternehmens- und Finanzmarktkommunikation.

Tel.: +49 (0)7531 206-852

E-Mail: jochen.raedeker@htwg-konstanz.de

Prof. Leonhard Schenk

Lehrgebiete: Städtebau und Entwerfen. *Forschungsgebiete:* Nachhaltigkeit im Städtebau, besonders: Stadtentwicklung, gemischt genutzte Stadtquartiere, Wohnungsbau, alternative Wohnformen, Zukunft der Bürgerstadt. *Spezielles Fachwissen:* Städtebau, Stadtplanung, DGNB, Zertifizierungssystem für Stadtquartiere. Auszeichnungen, u.a.: Deutscher Städtebaupreis, Europäischer Städtebaupreis.

Tel.: +49 (0)7531 206-183

E-Mail: leonhard.schenk@htwg-konstanz.de

Prof. Eberhard Schlag

Lehrgebiete: Architektur und Design, Kommunikation im Raum, Design und Raum. *Forschungsgebiete:* Potentiale von VR-Systemen zur Visualisierung von Forschungsergebnissen und zur Vermittlung von Wissen in Museen und Ausstellungen, Möglichkeiten der Attraktivitätssteigerung von (Regional-)Museen, Mediale Raumstrategien. *Spezielles Fachwissen:* Museums- und Ausstellungsgestaltung, Szenografie, Integrative Gestaltung von Architektur und Ausstellung, Einsatz von (interaktiven) Medien, VR-Systeme, Entwicklung von Museums- und Ausstellungskonzepten, Inszenierung von Events und Messeauftritten.

Tel.: +49 (0)7531 206-185

E-Mail: eberhard.schlag@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Andreas Schwarting

Lehrgebiete: Baugeschichte und Architekturtheorie. *Forschungsgebiete:* Baugeschichte des 20. Jahrhunderts, Konstruktionsgeschichte der Architektur der Moderne, Umgang mit Bauten der Moderne, Historiografie der modernen Architektur. *Spezielles Fachwissen:* Architektur des Bauhauses, Denkmalpflege an Bauten der Moderne.

Tel.: +49 (0)7531 206-199

E-Mail: andreas.schwarting@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Thomas Stark

Lehrgebiete: Energieeffizientes Bauen. *Forschungsgebiete:* Nachhaltige Energiekonzepte, Solares Bauen. *Spezielles Fachwissen:* Gebäudeenergiekonzepte, Gebäudeintegration von Solartechnik, Nachhaltigkeit in Architektur und Stadtplanung.

Tel.: +49 (0)7531 206-191

E-Mail: thomas.stark@htwg-konstanz.de

Prof. Brian Switzer

Lehrgebiete: Grundlagen der Gestaltung, Designgeschichte, Informationsarchitektur, Designforschung. *Forschungsgebiete:* Human-Centered Design, Wirkungsforschung in der Orientierung und Wayfinding, Visuelle Systeme. *Spezielles Fachwissen:* Designforschung, Corporate Design & Corporate Identity, Visuelle Kommunikation, Orientierungssysteme (Wayfinding).

Tel.: +49 (0)7531 206-769

E-Mail: brian.switzer@htwg-konstanz.de

Prof. Jo Wickert

Lehrgebiete: Interfacedesign, Informationsdesign und Screen-design im Kommunikationsdesign. *Forschungsgebiete:* Alternative Interfaces, Applikationsdesign, Aspekte der Qualifikation von Designern für On- und Offlinemedien. *Spezielles Fachwissen:* Markenauftritt für globale Unternehmen, Markenworkshops sowie CI/CD (hauptsächlich digital), New Devices, Unternehmenswebseiten.

Tel.: +49 (0)7531 206-761

E-Mail: jo.wickert@htwg-konstanz.de

Prof. Valentin Wormbs

Lehrgebiete: Professur für Image-Design, konventionelle und digitale Fotografie und Bildgestaltung, Grundlagen der Fotografie und Fototechnik, Grundlagen Kommunikationsdesign. *Forschungsgebiete:* Interdisziplinäre Untersuchungen von Bildräumen, Bild-Text-Wechselwirkungen, Medientheorie Bildwissenschaft, Bildrhetorik. *Spezielles Fachwissen:* Künstlerische Druckverfahren.

Tel.: +49 (0)7531 206-773

E-Mail: valentin.wormbs@htwg-konstanz.de



Fakultät Bauingenieurwesen

Prof. Dr.-Ing. Joachim Dach

Lehrgebiete: Umwelttechnik mit den Teilgebieten Abfallwirtschaft, Umweltverfahrenstechnik und -chemie, Deponietechnik, Altlasten- und Bodenmanagement, Immissionsschutz. *Spezielles Fachwissen:* Mechanische- und biologische Aufbereitung, Behandlung und Recycling von Abfällen, Projektmanagement beim Bau umwelttechnischer Anlagen.

Tel.: +49 (0)7531 206-522

E-Mail: joachim.dach@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Pedro da Silva

Lehrgebiete: Technische Gebäudeausrüstung, Erneuerbare Energien und Rationelle Energieverwendung. *Forschungsgebiete:* Nachhaltiges Bauen, System-Simulation, Rebound-Effekt. *Spezielles Fachwissen:* Energie-Management, Szenario-Entwicklung, Organisationsentwicklung.

Tel.: +49 (0)7531 206-9049

E-Mail: pedro.dasilva@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Heiko Denk

Lehrgebiete: Massivbau und IT im Bauwesen. *Forschungsgebiete:* Intelligent Computing in Engineering, praxisgerechte Softwareentwicklung. *Spezielles Fachwissen:* Spannbetonbau, Stahlbetonbau, Brückenbau.

Tel.: +49 (0)7531 206-205

E-Mail: heiko.denk@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Francke

Lehrgebiete: Stahlbau, Verbundbau und Ingenieurholzbau. *Forschungsgebiete:* Experimentelle Baudynamik, Nichtlineare Simulationen, Gesamtstabilität. *Spezielles Fachwissen:* Experimentelle Baudynamik, Nichtlineare Simulationen, Gesamtstabilität, Hallen und Geschossbauten aus Stahl, Stahl-Beton-Verbund oder Holz.

Tel.: +49 (0)7531 206-217

E-Mail: wolfgang.francke@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Andreas Großmann

Lehrgebiete: Verkehrswesen. *Forschungsgebiete:* Betrieb und Erhaltung von Verkehrswegen. *Spezielles Fachwissen:* Straßenbetriebsdienst, Systematische Straßenerhaltung, Substanzbewertung von Verkehrsflächen.

Tel.: +49 (0)7531 206-215

E-Mail: andreas.grossmann@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Peter Hirschmann

Lehrgebiete: Wasserbau und Wasserwirtschaft, Hydromechanik/ Hydraulik, Ökologie und Raumplanung, Geo-Informationssysteme (GIS). *Forschungsgebiete:* Ökologischer Gewässerausbau, Retention, Strömung in Gewässern und Rohrleitungen. *Spezielles Fachwissen:* Wasserwirtschaftliche Planung, ökologischer Gewässerausbau, Wasser- und Baurecht einschl. Genehmigungsverfahren, Raumplanung, Hydraulik.

Tel.: +49 (0)7531 206-219

E-Mail: peter.hirschmann@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Bernd Jödicke

Lehrgebiete: Physik, Lichttechnik, Bildgebende Optische Systeme. *Forschungsgebiete:* Physik-Didaktik, Licht und Beleuchtung in der Architektur (Licht und Mensch, Licht und Energieeffizienz, Lichtmesstechnik), Beleuchtung für maschinelles Sehen. *Spezielles Fachwissen:* Lichttechnik/ Beleuchtungstechnik, Thermografie.

Tel.: +49 (0)7531 206-345

E-Mail: bernd.joedicke@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Roman Kemmler

Lehrgebiete: Technische Mechanik und Baustatik. *Forschungsgebiete:* Finite-Element-Methode in der Strukturmechanik, Algorithmen für die Strukturoptimierung und Formfindung von Stab- und Flächentragwerken. *Spezielles Fachwissen:* Finite-Element-Modellierung, Stabilitätsanalysen, Strukturoptimierung und Formfindung.

Tel.: +49 (0)7531 206-9048

E-Mail: roman.kemmler@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Sören Knoll

Lehrgebiete: Siedlungswasserwirtschaft (Wasserversorgung und Abwassertechnik), Umweltinformatik. *Forschungsgebiete:* Regenwassermanagement, Immissionsbetrachtungen, Hydrometrie, Fischaufstiegsanlagen in Tidegebieten. *Spezielles Fachwissen:*

Regenwassermanagement, Kanalnetzberechnung, Bauwerke der Siedlungswasserwirtschaft, Pumpwerke, Fischaufstiegsanlagen.
Tel.: +49 (0)7531 206-218
E-Mail: soeren.knoll@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Reitmeier

Lehrgebiete: Geotechnik (Grundbau, Bodenmechanik). *Forschungsgebiete:* Untergrundverbesserung mit Stabilisierungssäulen. *Spezielles Fachwissen:* Aufstehende- und schwimmende Gründungen in weichen Böden, Vermessung, Ausführung, Qualitätssicherung.

Tel.: +49 (0)7531 206-224
E-Mail: wolfgang.reitmeier@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Uwe Rickers

Lehrgebiete: Baubetrieb. *Forschungsgebiete:* Projektmanagement, Building Information Modelling (BIM), Entscheidungsunterstützung im Disaster Management. *Spezielles Fachwissen:* Projektmanagement, Building Information Modelling (BIM), Entscheidungsunterstützung im Disaster Management.

Tel.: +49 (0)7531 206-716
E-Mail: uwe.rickers@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. rer. nat. habil. Benno Rothstein

Lehrgebiete: Ressourcenmanagement, Umwelt- und Geowissenschaften, Energiewirtschaft, Globaler Wandel. *Forschungsgebiete:* Erneuerbare Energien, Energiewende, Nachhaltige Energiekonzepte, Risiko- und Krisenmanagement, Anpassung an Klimawandel, massengutaffine Unternehmen. *Spezielles Fachwissen:* Ressourcenknappheit, Energie der Zukunft, Wasserstraßen der Zukunft, Klimawandel, Verwundbarkeit von Infrastrukturen.

Tel.: +49 (0)7531 206-714
E-Mail: benno.rothstein@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Hans Peter Schelkle

Lehrgebiete: Immobilienwirtschaft, Immobilienmanagement, Projektentwicklung. *Forschungsgebiete:* Organisation im Immobilienmanagement, Life Cycle Engineering. *Spezielles Fachwissen:* Facility Management und Organisationsberatung, Lebenszyklusmanagement.

Tel.: +49 (0)7531 206-164
E-Mail: hans-peter.schelkle@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. rer. pol. Maike Sippel

Lehrgebiete: Nachhaltige Entwicklung, Nachhaltige Ökonomie, Nachhaltigkeitsorientierte BWL, Nachhaltigkeit und Gesellschaft, Green Cities, Projektmanagement. *Forschungsgebiete:* Energie- und Klimaschutz in Städten/Organisationen/Politik, Akteure und Aktivitäten im lokalen Umfeld, Rolle von politisch-rechtlichen Rahmenbedingungen, umweltökonomische Instrumente. *Spezielles Fachwissen:* Energie- und Klimaschutz in Städten/Organisationen/Politik, Akteure und Aktivitäten im lokalen Umfeld, Rolle von politisch-rechtlichen Rahmenbedin-

gungen, umweltökonomische Instrumente.

Tel.: +49 (0)7531 206-460
E-Mail: maike.sippel@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Sylvia Stürmer

Lehrgebiete: Baustofftechnologie/Bauchemie, Bauphysik, Bauwerkserhaltung/Bauschadensanalyse/Denkmalpflege, Darstellende Geometrie. *Spezielles Fachwissen:* Untersuchung und Bewertung mineralischer Baustoffe (auch historische Baustoffe), Baustoffe und Verfahren in der Bausanierung bzw. im Bautenschutz.

Tel.: +49 (0)7531 206-225
E-Mail: sylvia.stuermer@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Horst Werkle

Lehrgebiete: Baustatik und Baudynamik. *Forschungsgebiete:* Finite-Element-Methode in der Tragwerksplanung, Bauwerks- und Bodendynamik. *Spezielles Fachwissen:* Finite-Element-Berechnungen, baulastdynamische Berechnungen, erdbebensicheres Bauen.

Tel.: +49 (0)7531 206-221
E-Mail: horst.werkle@htwg-konstanz.de

Prof. Franz Zahn PhD

Lehrgebiete: Stahlbetonbau, Spannbetonbau, Betontechnologie. *Forschungsgebiete:* Spannbeton, Verbundbau, Erdbebensicherung von Bauwerken. *Spezielles Fachwissen:* Spannbeton, Verbundbau, Erdbebensicherung von Bauwerken.

Tel.: +49 (0)7531 206-216
E-Mail: franz.zahn@htwg-konstanz.de



Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik

Prof. Dr. Peter Abele

Lehrgebiete: Grundlagen der Elektrotechnik, Elektronische Schaltungen, Produktions- und Fertigungstechniken der Mik-

rotechnologie. *Spezielles Fachwissen:* Hochfrequenz-Schaltungs-entwurf, Mikrotechnologie, Bauelementesimulation.

Tel.: +49 (0)7531 206-265

E-Mail: peter.abele@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Gregor Burmberger

Lehrgebiete: Programmieren, Grundlagen der Elektrotechnik, Automobile Bussysteme, Fahrzeugtechnik (Elektronik), Embedded Systems, Mikrocontroller, VHDL-Design. *Forschungsgebiete:* Embedded Systems, Mikrocontroller-Systeme, Automobile Bussysteme (speziell FlexRay), CPLD-, FPGA- und ASIC-Design, Schaltungsentwurf, Prozessor- und Systemarchitekturen. *Spezielles Fachwissen:* Bussysteme, FlexRay, Automobilelektronik, Platinenlayout, Systementwicklung, FPGA-Boards.

Tel.: +49 (0)7531 206-255

E-Mail: gregor.burmberger@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. rer. nat. Matthias Fertig

Lehrgebiete: Elektrotechnik, Digitaltechnik. *Forschungsgebiete:* optische Simulationsverfahren, Silizium-Photonik. *Spezielles Fachwissen:* Mikroprozessorentwicklung, optische Detektoren in CMOS SOI, objektorientierte Programmierung, VLSI Entwurf, Rechnerarchitektur, Projektmanagement.

Tel.: +49 (0)7531 206-269

E-Mail: matthias.fertig@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Freudenberger

Lehrgebiete: Übertragungstechnik, Digitaltechnik, Signalverarbeitung, Kommunikationssysteme. *Forschungsgebiete:* Codierungstheorie, Übertragungstechnik, Signalverarbeitung, VLSI-Entwurf in den Bereichen Signalverarbeitung und Codierung. *Spezielles Fachwissen:* Matlab, C/C++, Verilog, Software- und Hardware-Entwicklung für DSP-Systeme, Funkkommunikation mit Bluetooth, WLAN GSM, UMTS, LTE, Freisprech- und Sprachbediensysteme, Kfz-Multimedia.

Tel.: +49 (0)7531 206-150

E-Mail: juergen.freudenberger@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Wilhelm Fromm

Lehrgebiete: Automatisierungstechnik, Prozessautomatisierung. *Forschungsgebiete:* Schutz und Leittechnik in Hochspannungsanlagen. *Spezielles Fachwissen:* Automatisierungs- und Schutztechnik, virtuelle Anlagen für Automatisierungsaufgaben.

Tel.: +49 (0)7531 206-422

E-Mail: wilhelm.fromm@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Harald Gebhard

Lehrgebiete: Kommunikations- und Medientechnik, Kommunikationsnetze, Elektronische Navigation und Positionierung. *Forschungsgebiete:* Lokale GNSS Dienste (GPS, GLONASS, Galileo). *Spezielles Fachwissen:* IP Protokolle und Netze, Echtzeit Multimedia in IP-basierten Netzen, Echtzeitübertragung von GNSS-Daten in IP-basierten Netze.

Tel.: +49 (0)7531 206-270

E-Mail: harald.gebhard@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Manfred W. Gekeler

Lehrgebiete: Leistungselektronik, elektrische Antriebstechnik, Energiewandlung. *Forschungsgebiete:* Leistungselektronik, Pulswechselrichter, Soft Switching, Pulse Power. *Spezielles Fachwissen:* Leistungselektronik, Frequenzumrichter, Solarwechselrichter, Soft Switching, Pulse Power, Power Factor Correction (PFC), Stromversorgungen, Schaltnetzteile (SMPS).

Tel.: +49 (0)7531 206-220

E-Mail: manfred.gekeler@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. habil. Thomas Göllinger

Lehrgebiete: Energiewirtschaft, Wirtschaftswissenschaftliche Grundlagen, Organisation, Nachhaltige Ökonomie, insb. Energie und Mobilität. *Forschungsgebiete:* Ökologische Ökonomie, Evolutionsökonomik, Innovations-Management, Transdisziplinäre Nachhaltigkeitsforschung und Nachhaltigkeits-Management, Systemisches Management, Energiewirtschaft, E-Mobility, Pfadabhängigkeit. *Spezielles Fachwissen:* Systemische Moderations-, Modellierungs- und Vernetzungs-Tools, systemdynamische Modellierung, betriebliche und kommunale Klimaschutz- u. Energie-Strategien, systemische Innovationen.

Tel.: +49 (0)7531 206-704

E-Mail: thomas.goellinger@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Martin Häfele

Lehrgebiete: Grundlagen der Elektrotechnik, Grundlagen der Analogtechnik, Schaltungen der Nachrichtentechnik, Entwurf und Test analoger Schaltungen. *Spezielles Fachwissen:* Entwurf integrierter breitbandiger Schaltungen, Halbleiterbauelemente für Hochfrequenzschaltungen, Produktionswirtschaft, Produktionstechniken in der Elektronikproduktion.

Tel.: +49 (0)7531 206-267

E-Mail: martin.haeefe@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Werner Kleinhempel

Lehrgebiete: Signalverarbeitung, Simulation, rechnergestützter Schaltungsentwurf. *Forschungsgebiete:* Entwurf, Konzeption und Simulation von nachrichtentechnischen Systemen, Entwicklung von Verfahren der digitalen Signalverarbeitung (Filteralgorithmen, Verfahren zur Spektralanalyse, Multiraten-Signalverarbeitung), Entwurf und Realisierung digitaler Filter. *Spezielles Fachwissen:* Entwurf, Konzeption und Realisierung der digitalen Signalverarbeitungskomponenten von Funksystemen und von Radarsystemen.

Tel.: +49 (0)7531 206-260

E-Mail: werner.kleinhempel@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Alexander Krupp

Lehrgebiete: Prozessautomatisierung, Speicherprogrammierbare Steuerung (SPS), Programmieren. *Forschungsgebiete:* Test- und

Verifikationsverfahren, Simulation, Standardisierung/Modularisierung. *Spezielles Fachwissen:* Test- und Verifikationsverfahren, Standardisierung in Entwicklungsprozess, Design und Dokumentation, Model-Based-X, FDA CFR Part 11, GAMP, System-Verilog, Simulink, UML.

Tel.: +49 (0)7531 206-245

E-Mail: alexander.krupp@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Florian Lang

Lehrgebiete: Sensorik, Angewandte Physik, Mechatronische Systeme. *Spezielles Fachwissen:* Automobilsensorik, mikromechanische Sensoren, optische Messverfahren, Laserphysik, Laser-Materie-Wechselwirkung, Projektmanagement.

Tel.: +49 (0)7531 206-774

E-Mail: florian.lang@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Irene Lau

Lehrgebiete: Mathematik, Stochastik/Statistik, Physik, Operations Research. *Spezielles Fachwissen:* Algebra, Darstellungstheorie, algebraische Zahlentheorie.

Tel.: +49 (0)7531 206-375

E-Mail: irene.lau@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Burkhard Lehner

Lehrgebiete: Informatik, Programmiersprachen, Software Engineering. *Forschungsgebiete:* Moderne Software-Entwicklung, grafische Benutzeroberflächen, GPU-Programmierung, Computergrafik, Computational Geometry, Optimierungsverfahren, Computer und Kunst, Tetraeder-Netze, optische 3D-Messtechnik. *Spezielles Fachwissen:* CAD/CAM in der Dentalmedizin.

Tel.: +49 (0)7531 206-494

E-Mail: burkhard.lehner@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Richard Leiner

Lehrgebiete: Mikrocontroller, Graphische Programmiersprachen (in Englisch), CAE. *Forschungsgebiete:* Anwendung von Photovoltaik und Brennstoffzellen in Booten und zugehöriges Energiemanagement. *Spezielles Fachwissen:* Energiemanagement in Booten, Messdatenerfassung über Internet, LabVIEW, CAE (analog).

Tel.: +49 (0)7531 206-244

E-Mail: richard.leiner@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Heinz Rebholz

Lehrgebiete: Leistungselektronik, Energiewandlung, Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV). *Forschungsgebiete:* Effiziente DC/DC-Wandler und Umrichter, EMV-Optimierte Leistungselektronik, Fahrzeugbordnetze und Topologien. *Spezielles Fachwissen:* DC/DC Wandler, EMV-Optimierter Schaltungsentwurf, Filterauslegung, Energiespeicher.

Tel.: +49 (0)7531 206-220

E-Mail: heinz.rebholz@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Johannes Reuter

Lehrgebiete: Regelungstechnik, Simulation. *Forschungsgebiete:* Regelung schnell schaltender Aktuatoren, insbesondere Magnetventile; Autonome Mobile Systeme, Schwerpunkt: Target Tracking und Data Association; Sensorik und Sensormodellierung; Optimierung von Betriebsstrategien unter Unsicherheit. *Spezielles Fachwissen:* Nichtlineare Regelungsverfahren mechatronischer Systeme, Probabilistische Filterung und Datenzuordnung (KF, PDAF, PDAB, MHT), Modellbildung und Simulation dynamischer Systeme für Regelung und Simulation.

Tel.: +49 (0)7531 206-266

E-Mail: johannes.reuter@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Christoph Schick

Lehrgebiete: Hochfrequenztechnik, Analoge Schaltungstechnik, Grundlagen der Elektrotechnik. *Spezielles Fachwissen:* Integrierte Hochfrequenzschaltungen (RFICs), Mikrowellen-Schaltungstechnik, Mikrowellen-Messtechnik.

Tel.: +49 (0)7531 206-657

E-Mail: christoph.schick@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Michael Striebel

Lehrgebiete: Mathematik 1, Mathematik 2. *Forschungsgebiete:* Numerische Verfahren, Co-Simulation, Multirate-Verfahren, Modellordnungsreduktion, geometrische Integratoren. *Spezielles Fachwissen:* Numerische Analysis, Modellordnungsreduktion, Differential-Algebraische Systeme, geometrische Integratoren.

Tel.: +49 (0)7531 206-377

E-Mail: michael.striebe1@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Gunter Voigt

Lehrgebiete: Hochspannungstechnik, Elektromagnetische Verträglichkeit (EMV), Energieübertragung und -verteilung, Messtechnik. *Forschungsgebiete:* Optimierung von Isolationssystemen, Methoden der Hochspannungsprüf- und messtechnik. *Spezielles Fachwissen:* Untersuchung von Isolationssystemen, Hochspannungsprüf- und messtechnik.

Tel.: +49 (0)7531 206-510

E-Mail: gunter.voigt@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Matthias Werner

Lehrgebiete: Allgemeine BWL, Personalführung, Betriebliche Organisation, Projektmanagement, Performance Management, Internationales Beschaffungsmanagement. *Forschungsgebiete:* Messung und Verbesserung von Unternehmensleistung, Business Excellence in Organisationen, Unternehmenskooperationen, Strategisches Management. *Spezielles Fachwissen:* Unternehmensführung, EFQM, Qualitätsmanagement insb. TQM, Supply Chain Management, Einkauf, Projektmanagement.

Tel.: +49 (0)7531 206-747

E-Mail: matthias.werner@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Wolf-Stephan Wilke

Lehrgebiete: Wirtschaftsingenieurwesen (betriebswirtschaftliche Grundlagenfächer), Investitionsgütermarketing. *Spezielles Fachwissen:* Produkt- und Innovationsmanagement, Logistik, Post- und Paketverteilung, Energietechnik.

Tel.: +49 (0)7531 206-463

E-Mail: wolf-stephan.wilke@htwg-konstanz.de

**Prof. Dr. Renato Dambe**

Lehrgebiete: Medizinische Dokumentation und Terminologie, Grundlagen der Medizin, Medizinprodukterecht, IT-Projektmanagement, Software- und Systemmodellierung, Rechnernetze und Kommunikationssysteme, Betrieb von IT-Systemen im Gesundheitswesen. *Forschungsgebiete:* Interoperabilität im Gesundheitswesen, IT-Sicherheit im Gesundheitswesen. *Spezielles Fachwissen:* Medizin, Schnittstellenstandards im Gesundheitswesen (HL7, DICOM, IHE, Geräteschnittstellen).

Tel.: +49 (0)7531 206-781

E-Mail: renato.dambe@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Heiko von Drachenfels

Lehrgebiete: Softwareentwicklung. *Spezielles Fachwissen:* Programmierertechnik, Objektorientierung, Modellgetriebene Softwareentwicklung, Systemprogrammierung, C, C++, Java.

Tel.: +49 (0)7531 206-643

E-Mail: heiko.von.drachenfels@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Oliver Eck

Lehrgebiete: Datenbanksysteme, Systemmodellierung, Algorithmen und Datenstrukturen. *Forschungsgebiete:* Konzepte und Techniken moderner Datenbanksysteme, Wissensmodellierung. *Spezielles Fachwissen:* Datenbanksysteme, Softwaretechnik, Systemanalyse, wissensbasierte Systeme, Ingenieursysteme.

Tel.: +49 (0)7531 206-630

E-Mail: oliver.eck@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Markus Eiglsperger

Lehrgebiete: Webtechnologien, Software-Qualitätssicherung, Mathematik. *Forschungsgebiete:* Visualisierung von Diagrammen, Softwarevisualisierung, Moderne Softwarearchitekturen. *Spezielles Fachwissen:* Softwarearchitektur, Softwareentwicklungsprozesse, Softwarevisualisierung, Konzeption und Implementierung von Webanwendungen.

Tel.: +49 (0)7531 206-462

E-Mail: markus.eiglsperger@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Wilhelm Erben

Lehrgebiete: Statistik, Logik(-programmierung), Metaheuristiken für Optimierungsprobleme, Data Mining. *Forschungsgebiete:* Timetabling mit Hilfe Evolutionärer Algorithmen oder anderer Metaheuristiken. *Spezielles Fachwissen:* Timetabling/Scheduling, Metaheuristiken, Statistik mit Excel.

Tel.: +49 (0)7531 206-507

E-Mail: wilhelm.erben@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Matthias Franz

Lehrgebiete: Mustererkennung, Bildverarbeitung. *Forschungsgebiete:* Bildverarbeitung, maschinelles Lernen, kognitive Systeme, Steganalyse, Deep Learning. *Spezielles Fachwissen:* Bild- und Texturmodellierung, automatisches Design von Bildverarbeitungssystemen, Steganalyse in Bildern, maschinelles Lernen auf

Fakultät Informatik**Prof. Dr. Oliver Bittel**

Lehrgebiete: Programmierertechnik, Algorithmen und Datenstrukturen, Autonome Roboter. *Forschungsgebiete:* Navigationsverfahren für mobile autonome Roboter. *Spezielles Fachwissen:* Softwarearchitekturen für Robotersteuerungen, Planungs- und Lokalisierungsverfahren für mobile Roboter, Umgebungskartierung.

Tel.: +49 (0)7531 206-626

E-Mail: oliver.bittel@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Marko Boger

Lehrgebiete: Software Architektur, Software Engineering, Moderne Programmiersprachen, Entrepreneurship, Projektmanagement. *Forschungsgebiete:* Modellgetriebene Softwareentwicklung (MDSD), Graphische Modellierungswerkzeuge, Domänenspezifische Sprachen (DSL). *Spezielles Fachwissen:* MDSD, UML, Scala, Xtext, Xtend, Spray.

Tel.: +49 (0)7531 206-631

E-Mail: marko.boger@htwg-konstanz.de

Bildern, Statistik natürlicher Szenen, optische Flussanalyse.

Tel.: +49 (0)7531 206-651

E-Mail: matthias.franz@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. rer. nat. habil. Jürgen Garloff

Lehrgebiete: Analysis, numerische Mathematik. *Forschungsgebiete:* Globale Optimierung, wissenschaftliches Rechnen mit automatischer Ergebnisverifikation, Matrix-Analysis, robuste Regelung, numerische lineare Algebra. *Spezielles Fachwissen:* Rundungsfehlerkontrolle, Matrix-Analysis, robuste Regelung, Polynomiale Gleichungs- und Ungleichungssysteme, restringierte globale Optimierung.

Tel.: +49 (0)7531 206-406

E-Mail: juergen.garloff@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Michael Grütz

Lehrgebiete: Betriebliche Systemanalyse/Systemplanung, betriebliche Systemforschung/Operations Research/Logistik/Informationssysteme öffentlicher Betriebe (Krankenhaus-Informationssysteme) basierend auf einem Planspiel. *Forschungsgebiete:* Entwicklung EDV-gestützter Optimierungsmethoden und -modellen (Operations Research, Expertensysteme, Simulation) im Besonderen im Bereich Personaleinsatzplanung, Decision Support Systeme im Bereich Gesundheitsökonomie/Krankenhauswesen. *Spezielles Fachwissen:* Entwicklung einer rechnergestützten Lösung zur intelligenten Einsatzplanung für Auszubildende, Trainees und Praktikanten (Versetzungsplanung), Entwicklung eines Programmpakets zur rechnergestützten Auswahl und Verwaltung von Bewerbern für Arbeitsplätze, Systemanalyse in einem mittelständischen Betrieb zur Automatisierung von Besichtungsanlagen.

Tel.: +49 (0)7531 206-398

E-Mail: michael.gruetz@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Oliver Haase

Lehrgebiete: Verteilte Systeme und Software Engineering. *Forschungsgebiete:* Statische Code-Analyse zur Thread-Sicherheit, Privatsphäre in verteilten Systemen. *Spezielles Fachwissen:* Nebenläufige Programmierung, statische Code-Analyse, Kommunikation in verteilten Systemen.

Tel.: +49 (0)7531 206-112

E-Mail: oliver.haase@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Ulrich Hedtstück

Lehrgebiete: Diskrete Simulation, Algorithmen und Datenstrukturen, Theoretische Informatik, Data Analytics. *Forschungsgebiete:* Complex Event Processing, Diskrete Simulation. *Spezielles Fachwissen:* Complex Event Processing, Ereignisorientierte Simulation, Prozessmodellierung, Regelbasierte Systeme, Künstliche Intelligenz.

Tel.: +49 (0)7531 206-508

E-Mail: ulrich.hedtstueck@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Christian Johner

Lehrgebiete: Software-Engineering, Software-Qualitätssicherung, Software-Architekturen. *Forschungsgebiete:* Qualitätssicherung für aktive Medizinprodukte, Integration medizinischer Informationssysteme. *Spezielles Fachwissen:* Medizinprodukterecht (USA, Europa), Qualitätsmanagement für Medizinprodukte, Softwareentwicklung für das Gesundheitswesen u.a. Medical Apps, Qualitätssicherung medizinischer Software.

Tel.: +49 (0)7531 206-596

E-Mail: christian.johner@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Hanno Langweg

Lehrgebiete: Software-Entwicklung, Cloud Computing, IT-Sicherheit, Sichere Software-Entwicklung. *Forschungsgebiete:* Malware-resistente Software, proaktive IT-Forensik. *Spezielles Fachwissen:* IT-Sicherheit, Sichere Software-Entwicklung, Netzwerke für Erfahrungsaustausch.

Tel.: +49 (0)7531 206-9024

E-Mail: hanno.langweg@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Michael Mächtel

Lehrgebiete: Betriebssysteme, Realzeitsysteme und Embedded Systems. *Forschungsgebiete:* Latenzzeiten in Realzeitbetriebssystemen, Performance Analyse eingebetteter Systeme, Embedded Software Entwicklung, Scheduling. *Spezielles Fachwissen:* Realzeitsysteme, Realzeitbetriebssysteme, Linux, Embedded Linux, vernetzte eingebettete Systeme, Parallel Computing, Systemnahe Programmiersprachen.

Tel.: +49 (0)7531 206-632

E-Mail: michael.maechtel@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Reiner Martin

Lehrgebiete: IT-Projektmanagement, ERP-Systeme, ERP-Geschäftsprozesse, Produktionsplanung und -steuerung (PPS). *Forschungsgebiete:* Optimale Einführung und Nutzung unternehmensweiter Informationssysteme (ERP-Systeme). *Spezielles Fachwissen:* IT-Projektmanagement, Auswahl und Einführung von ERP-Systemen.

Tel.: +49 (0)7531 206-509

E-Mail: reiner.martin@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Marco Mevius

Lehrgebiete: Wirtschaftsinformatik, Modellierung und Optimierung von Geschäftsprozessen, IT Service Management, Betriebswirtschaftslehre. *Forschungsgebiete:* Kennzahlenbasiertes Geschäftsprozessmanagement, Social Business Process Engineering, Cloud-basierte Geschäftsprozessimplementierung, Entwicklung nachhaltiger Informationssysteme (Green Software), Mobile Geschäftsprozesse, Schatten-IT. *Spezielles Fachwissen:* Modellierung und Implementierung von prozessbasierten Informationssystemen; Konzeption, Einführung und Betrieb von Kennzahlensystemen; Nachhaltigkeitsmanagement.

Tel.: +49 (0)7531 206-515
E-Mail: marco.mevius@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Rainer Mueller

Lehrgebiete: Betriebssysteme, Rechnernetze und Kommunikationssysteme, Verteilte Systeme, Projektmanagement, Mobile Kommunikation und Kollaboration. *Forschungsgebiete:* Ambient Intelligence, Industrie 4.0, Internet of Things, Kommunikation und Kollaboration zur Prozess- und Projektunterstützung, Kollaboration unter informellen, asynchronen und mobilen Randbedingungen, Mobile Computing, Stream-/Event-based Processing, Ubiquitous Computing, Wearable Computing. *Spezielles Fachwissen:* E-Learning, Geschäftsprozessmanagement, Multimedia-Produktion/-Verarbeitung, Software-Engineering, Web-Technologien.

Tel.: +49 (0)7531 206-329
E-Mail: rainer.mueller@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Jürgen Neuschwander

Lehrgebiete: IT-Sicherheit in verteilten Systemen, innovative Rechnerarchitekturen, Hardware- und Systemgrundlagen. *Spezielles Fachwissen:* Informationstechnische Sicherheit in Systemen, Projekt-Management, Schulung und Coaching.

Tel.: +49 (0)7531 206-648
E-Mail: juergen.neuschwander@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Christopher Rentrop

Lehrgebiete: Allgemeine BWL, Internes und Externes Rechnungswesen, Controlling, Strategisches IT Management. *Forschungsgebiete:* Strategisches IT Management, IT Governance, Schatten-IT. *Spezielles Fachwissen:* Standardisierung von IT Landschaften, IT-Kostenmanagement und Kennzahlensysteme, Steuerung dezentraler IT/Fachbereichs-IT, IT-Managementwissen für Führungskräfte.

Tel.: +49 (0)7531 206-499
E-Mail: christopher.rentrop@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. rer. nat. Ralf-Dieter Schimkat

Lehrgebiete: Software Engineering, Mobile Anwendungen, Agile Vorgehensmodelle, Programmiertechnik, Internet-Technologien. *Forschungsgebiete:* Agile und lean-artige Vorgehensmodelle in der Software-Entwicklung, agiles Projektmanagement. *Spezielles Fachwissen:* Konzeption und Einführung von adaptiven Entwicklungsprozessen.

Tel.: +49 (0)7531 206-720
E-Mail: ralf-dieter.schimkat@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Irenäus Schoppa

Lehrgebiete: Digitaltechnik, Digitale Systeme, Mikroprozessorsysteme, Hardware-Software Co-Design. *Forschungsgebiete:* Entwurf und Synthese anwendungsspezifischer Schaltungen und Controller in Embedded-Systemen mit programmierbaren Logikbausteinen FPGA, Hardwarebeschreibungssprachen. *Spe-*

zielles Fachwissen: Schaltungsdesign mit VHDL, digitale Meßwert- und Signalverarbeitung mit FPGA.

Tel.: +49 (0)7531 206-644
E-Mail: irenaeus.schoppa@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Ralf Seepold

Lehrgebiete: Mobile- und Ubiquitous Computing, Betriebssysteme, Verteilte Systeme, Software Engineering, Programmierung. *Forschungsgebiete:* Biomedical Computing, Mobile Computing, Smart Home & Living, Automotive Computing. *Spezielles Fachwissen:* Biometric sensors and sensor integration, Bio vital signal processing, Ambient Assisted Living, Intelligent Networked Devices, Sleep phases detection, Stress detection, Crowd knowledge management, Driving assistance.

Tel.: +49 (0)7531 206-633
E-Mail: ralf.seepold@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. habil. Stefan Sohn

Lehrgebiete: Grundlagen des Gesundheitswesens, Betriebswirtschaftslehre, Internes und externes Rechnungswesen, Gesundheitsökonomie und Statistik, Controlling im Gesundheitswesen, Kommunikations- und Präsentationstechnik, Geschäftsprozesse im Gesundheitswesen, Gesundheitssysteme. *Forschungsgebiete:* Gesundheitsökonomie, Management im Gesundheitswesen, IT-basierte Prozessunterstützung im Gesundheitswesen. *Spezielles Fachwissen:* Strategisches Management von Gesundheitseinrichtungen, Gesundheitsökonomische Evaluationen, Integrierte Versorgung.

Tel.: +49 (0)7531 206-506
E-Mail: stefan.sohn@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Barbara Staehle

Lehrgebiete: Mathematik 1+2, Theoretische Informatik, Diskrete Mathematik, Stochastik, Wahrscheinlichkeitsrechnung. *Forschungsgebiete:* Modellierung und Optimierung drahtlos vernetzter eingebetteter Systeme, statistische Bewertung komplexer verteilter Systeme, Internet of Things, zuverlässiger, flexibler Funk für Industrie 4.0, energieminimale Vernetzung eingebetteter Systeme, effiziente Auswertung, Verarbeitung und Nutzung verteilt erhobener Daten. *Spezielles Fachwissen:* Leistungsbewertung verteilter Systeme durch Analyse und Simulation, diskrete Event Simulation, Datenauswertung mit MATLAB, Standards und Protokolle für drahtlose Kommunikation und Lokalisierung.

Tel.: +49 (0)7531 206-627
E-Mail: barbara.staehle@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Dirk Staehle

Lehrgebiete: Rechnernetze, Rechnerarchitektur, Fahrzeugnetze, Kommunikationstechnik, Drahtlose Netze. *Forschungsgebiete:* Mobilfunknetze und drahtlose Netze mit Schwerpunkt Funknetzplanung, Ressourcenmanagement und Videoübertragung (QoE). *Spezielles Fachwissen:* Funkstandards (GPRS, UMTS,

LTE, WLAN, ZigBee), Mobilfunknetze (Funkressourcenmanagement, Architektur, NFV), Videoübertragung und Quality of Experience (QoE), (Funk-)Netzplanung und Verkehrsmodellierung, Simulation (Matlab, OPNET).

Tel.: +49 (0)7531 206-645

E-Mail: dirk.staehle@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Georg Umlauf

Lehrgebiete: Computergrafik, Programmieren, Algorithmen und Datenstrukturen, CAD. *Forschungsgebiete:* Computergrafik, geometrisches Modellieren, CAD, CAM, CAGD, Reverse Engineering. *Spezielles Fachwissen:* Unterteilungsalgorithmen, Splines, 3D-Rekonstruktion, Flächen Optimierung, Meshing, 3D-Simulationen.

Tel.: +49 (0)7531 206-451

E-Mail: georg.umlau@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Christian Wache

Lehrgebiete: Grundlagen der Gesundheitsinformatik und Studienmethodik, Grundlagen der Medizin, Datenbank- und Informationssysteme, Medizinprodukterecht, Medizintechnik, Informationssysteme im Gesundheitswesen, Requirements und Usability Engineering, Telemedizin und E-Health. *Forschungsgebiete:* Krankenhausinformationssysteme, Arztpraxissysteme, Mobile eHealth, Ambient Assisted Living. *Spezielles Fachwissen:* Krankenhausinformationssysteme, Datenschutz, Medizinprodukterecht, Produktmanagement, CPOE, CDSS.

Tel.: +49 (0)7531 206-9017

E-Mail: christian.wache@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Wäsch

Lehrgebiete: Datenbank- und Informationssysteme, E-Business Technologien, Information Engineering. *Forschungsgebiete:* Innovative Datenbank-Anwendungen und Datenbank-Technologien, Verteilte Systeme und Peer-to-Peer-Netzwerke, Kollaborative



Systeme und Soziale Netzwerke. *Spezielles Fachwissen:* Datenbanksysteme, -technologien und -anwendungen, XML-Standards und -Technologien, Informationsmodellierung und -repräsentation, Service-orientierte Architekturen und Web-Services, Business-to-Business Integration, E-Business-Standards, Produktdatenmanagement, Produktklassifikation, elektronische Produktkataloge.

Tel.: +49 (0)7531 206-502

E-Mail: juergen.waesch@htwg-konstanz.de

Fakultät Maschinenbau

Prof. Dr.-Ing. Guido Baltes

Lehrgebiete: Strategic Management and Innovation, High Tech Marketing, Technology Strategy, Corporate Entrepreneurship. *Forschungsgebiete:* Strategien der Digitalisierung, Gestaltung veränderungsfähiger und agiler Organisationen, unternehmerische Projektteams zur Implementierung von Ambidextrie, Strategische Innovation mit Corporate Entrepreneurship, Innovationslabor eArchitecture Lab. *Spezielles Fachwissen:* Strategieentwicklung, strategische Transition und Veränderung, kundenzentrierte Innovation, Digitalisierungsstrategien. Prof. Baltes ist Direktor des Instituts für Strategische Innovation & Technologiemanagement (IST, s. www.inno-ist.org)

Tel.: +49 (0)7531 206-310

E-Mail: guido.baltes@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. rer. pol. Ulrich Behnen

Lehrgebiete: IoT-basierte Produkt- und Service Systeme (PSS), E-Commerce & Smart Factory Frontend, Digital/Web Analytics, Web Engineering, Unternehmenssimulationen, Digital Innovation & Startup. *Forschungsgebiete:* Web Engineering, Digital/Web Analytics, CPS-integratives Ontology Engineering, Ontology Science, DAI/MAS/CAS, IoT Smart Enterprise Integration.

Tel.: +49 (0)7531 206-752

E-Mail: ulrich.behnen@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Uwe Behrendt

Lehrgebiete: Anlagentechnik, Prozessmaschinen, Projektmanagement, Mathematik, Energie-Management. *Spezielles Fachwissen:* Prozesspumpen, Projektmanagement, Energie-Management.

Tel.: +49 (0)7531 206-326

E-Mail: uwe.behrendt@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Lazar Bošković

Lehrgebiete: Konstruktion und Berechnung, Werkstofftechnik (Kunststoffe). *Forschungsgebiete:* Strukturanalyse und Bauteiloptimierung mit der Finite Elemente Methode (FEM), Betriebsfestigkeit, Kunststofftechnik, Leichtbau. *Spezielles Fachwissen:* FEM, Festigkeitsberechnungen, Ermüdungsfestigkeit, Bruchme-

chanik, Schrauben- und Schweißnahtberechnung, Struktur-
dynamik, Parameteroptimierung, Kunststoffsimulation.

Tel.: +49 (0)7531 206-468

E-Mail: lazar.boskovic@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Michael Butsch

Lehrgebiete: Fahrzeugtechnik, Fahrzeuggetriebe. *Forschungsgebiete:* Fahrzeuggetriebe, Antriebstechnik, Fahrzeugtechnik. *Spezielles Fachwissen:* Planetengetriebe, Fahrzeuggetriebe, Industriegetriebe, Untersuchungen auf dem hochschuleigenen Rollenprüfstand.

Tel.: +49 (0)7531 206-575

E-Mail: michael.butsch@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Todd Deißer

Lehrgebiete: Werkstofftechnik, Fertigungsverfahren. *Forschungsgebiete:* Beschichtungstechnik, Umformtechnik, Gießereitechnik, Verschleiß- und Korrosionsschutz, Schweißtechnik, Löttechnik, Unterwassertechnik. *Spezielles Fachwissen:* Löt- und Schweißtechnik, Beschichtungstechnik, Verschleißschutz, thermische Trenn- und Fügetechnik.

Tel.: +49 (0)7531 206-283

E-Mail: todd.deisser@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Arno Detter

Lehrgebiete: Umwelttechnik und Chemie. *Forschungsgebiete:* Industrielle Wasser- und Abwassertechnik. *Spezielles Fachwissen:* Membrantrennverfahren, Adsorptionsverfahren, Reaktionstechnik.

Tel.: +49 (0)7531 206-537

E-Mail: arno.detter@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Martin Domm

Lehrgebiete: Mathematik, Rechnungswesen/Kostenrechnung für Ingenieure, Produktivitätsmanagement, Automatisierungstechnik. *Forschungsgebiete:* Produktionsrestrukturierung, Gruppenarbeit, KVP-Prozesse, Robotertechnik, Handhabungstechnik, Bildverarbeitung. *Spezielles Fachwissen:* Produktionsrestrukturierung, Gruppenarbeit, KVP-Prozesse, Robotertechnik, Handhabungstechnik, Bildverarbeitung, Produktionsmanagement.

Tel.: +49 (0)7531 206-280

E-Mail: martin.domm@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Klaus-Dieter Durst

Lehrgebiete: Messtechnik, Sensorik, Fertigungsmesstechnik, Physik. *Spezielles Fachwissen:* Sensortechnik, Akustik, exponentiell mechanische Spannungsanalyse (DMS-Technik), Messsignalerfassung, Signalanalyse, Programmierung von Messtechnik-Applikationen, Kalibriertechnik, Messtatistik, 3D-Koordinatenmesstechnik, interferometrische Messtechnik (Oberflächenmesstechnik).

Tel.: +49 (0)7531 206-344

E-Mail: klaus-dieter.durst@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Ludwig Eicher

Lehrgebiete: Thermodynamik, Wärmeübertragung, Strömungslehre. *Forschungsgebiete:* Thermische Auslegung von mechanischen und elektronischen Anlagen und Komponenten, Thermalanalyse. *Spezielles Fachwissen:* Klimatechnik, insbesondere Luftentfeuchtung und Wassermanagement, Thermalanalyse, Systemengineering im Raumfahrtbereich.

Tel.: +49 (0)7531 206-282

E-Mail: ludwig.eicher@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Ralf Eissler

Lehrgebiete: Qualitätsmanagement, Mathematik, Statistik. *Forschungsgebiete:* Qualitätsmanagement, Total Quality Management, Risikomanagement, Lean Management. *Spezielles Fachwissen:* Total Quality Management, Risk Management, Lean Management.

Tel.: +49 (0)7531 206-323

E-Mail: ralf.eissler@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Ingo Fricker

Lehrgebiete: Fabrikplanung, Materialflusssysteme, Lean Production/Lean Management, Produktionsplanung, Produktionslogistik. *Spezielles Fachwissen:* Produktionsplanung, Restrukturierung, Internationale Fabrikplanung, Osteuropa/Indien.

Tel.: +49 (0)7531 206-543

E-Mail: ingo.fricker@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Manfred Glaser

Lehrgebiete: Buchführung und Jahresabschluss, Bilanzierung und Besteuerung, Finanzierung. *Forschungsgebiete:* Rechnungslegung und Besteuerung von KMU. *Spezielles Fachwissen:* Rechnungslegung und Besteuerung von KMU.

Tel.: +49 (0)7531 206-719

E-Mail: manfred.glaser@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel

Lehrgebiete: Werkstoffkunde, Werkstoffprüfung, Korrosion und Oberflächentechnik. *Forschungsgebiete:* Forschung an Stahlwerkstoffen, Formgedächtnislegierungen, Korrosionsverhalten von NIRO-Stahl, Leistungsverhalten von Werkzeugen. *Spezielles Fachwissen:* Korrosionsverhalten von Stählen, nichtrostende Stähle, Werkzeugwerkstoffe, Verschleißverhalten von Werkstoffen.

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: paul.guempel@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Dr.sc.agr. Kurt Heppler

Lehrgebiete: Mechanik, Maschinenkonstruktionslehre. *Spezielles Fachwissen:* Agrarsystemtechnik, Mobile Arbeitsmaschinen, Fördertechnik, mechanische Verfahrenstechnik und Maschinenelemente, Methodische Produktentwicklung im Maschinenbau.

Tel.: +49 (0)7531 206-321

E-Mail: kurt.heppler@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Christian Hettich

Lehrgebiete: Fertigungsmesstechnik, Regelungstechnik, Physik. *Forschungsgebiete:* Optische Messtechniken, Systemmesstechnik, Systemsengineering, Toleranzbudgetierung. *Spezielles Fachwissen:* Optik: von EUV bis IR, Mikroskopie, Spektroskopie, Interferometrie, nichtlineare Optik, Time-of-Flight Abstandsmessungen, Homodyn-messungen (AC/DC), bildgebende Messmethoden, tomographische Messmethoden, Systemsengineering.

Tel.: +49 (0)7531 206-348

E-Mail: christian.hettich@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Werner Hofacker

Lehrgebiete: Thermische Verfahrenstechnik. *Forschungsgebiete:* Verfahrenstechnik, Umwelttechnik, Energietechnik (rationelle Energieverwendung, Erneuerbare Energien). *Spezielles Fachwissen:* Verfahrenstechnik, Umwelttechnik, Energietechnik (rationelle Energieverwendung, erneuerbare Energien), numerische Thermo- und Fluidodynamik, Simulationstechnik, thermische Stofftrennung.

Tel.: +49 (0)7531 206-593

E-Mail: werner.hofacker@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Ditmar Ihlenburg

Lehrgebiete: Technologie- und Innovationsmanagement, Technischer Vertrieb, Marketing, Betriebliche Informationssysteme, Open Innovation Methoden. *Forschungsgebiete:* Interaktive Wertschöpfung und Kundenintegration. *Spezielles Fachwissen:* Industrie 4.0, Internet der Dinge und Smart Services.

Tel.: +49 (0)7531 206-238

E-Mail: ditmar.ihlenburg@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Uwe Kosiedowski

Lehrgebiete: Aktoren, Modellbildung und Simulation mechatronischer Systeme, Elektronik in Fahrzeugen, Mechatronische Systeme in Fahrzeugen, Schaltungstechnik in mechatronischen Systemen, Programmierung von Mikrocontrollern, Elektrotechnik. *Forschungsgebiete:* Modellbildung und Simulation von mechatronischen Systemen, Prüfeinrichtungen für Systeme der Fahrzeugelektronik, Steuerung und Regelung elektromechanischer Antriebssysteme. *Spezielles Fachwissen:* Modellierung, Simulation und Regelung mechatronischer Systeme, Hard- und Softwareentwicklung für die Steuerung und Regelung mechatronischer Systeme.

Tel.: +49 (0)7531 206-721

E-Mail: uwe.kosiedowski@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Marcus Kurth

Lehrgebiete: Regelungs- und Systemtechnik. *Forschungsgebiete:* Automatisierung in der konventionellen und erneuerbaren Energieerzeugung; Führung und Regelung von elektrischen Übertragungsnetzen; Optimierung von technischen und nicht-technischen Prozessen. *Spezielles Fachwissen:* Modellierung,

Simulation, Projektierung und Optimierung technischer und nichttechnischer Systeme.

Tel.: +49 (0)7531 206-778

E-Mail: marcus.kurth@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Burkhard Lege

Lehrgebiete: Konstruktionslehre, Maschinenelemente, CAD, Mechanik, Strukturmechanik mit FEM-Simulation. *Forschungsgebiete:* Automatisierung von rechnerischen Festigkeitsnachweisen, Konstruktionslösungen für den Mittelstand. *Spezielles Fachwissen:* Rechnerischer Festigkeitsnachweis nach FKM, FEM-Simulation, Schienenfahrzeugtechnik, Lokomotivbau.

Tel.: +49 (0)7531 206-309

E-Mail: burkhard.lege@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Andreas Lohmberg

Lehrgebiete: Strömungslehre, Strömungsmaschinen (Turbo-maschinen), Strömungssimulationen (CFD). *Forschungsgebiete:* Strömungslehre, Strömungsmaschinen (Turbomaschinen), Strömungssimulationen (CFD). *Spezielles Fachwissen:* Pumpen-, Verdichter- und Turbinenentwicklung, Computational Fluid Dynamics (CFD), numerische Strömungssimulation.

Tel.: +49 (0)7531 206-229

E-Mail: andreas.lohmberg@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Carsten Manz

Lehrgebiete: Projektmanagement, Technologie- und Innovationsmanagement. *Forschungsgebiete:* Strategisches Management, Innovationsmanagement, Technologiemanagement, Faserverbundwerkstoffe. *Spezielles Fachwissen:* Luftfahrt.

Tel.: +49 (0)7531 206-111

E-Mail: carsten.manz@htwg-konstanz.de



Prof. Dr.-Ing. Verena Merklinger

Lehrgebiete: Werkstoffkunde, Konstruktion, Bauteilanalyse. *Spezielles Fachwissen:* Material-, Prozessentwicklung und Optimierung, Carbon und Graphit, anwendungsnahe Materialcharakterisierung, Beschichtungstechnik und Korrosion, höchstfeste Stähle, Fertigungstechnik, mechanische Aufbereitungstechnik.

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: verena.merklinger@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Roland Nägele

Lehrgebiete: Steuerungstechnik, Regelungstechnik. *Forschungsgebiete:* Strukturierte SPS-Programmierung, PC-based control (Soft-SPS), Prüfstandsautomatisierung, Frequenzmessungen und Modellierung. *Spezielles Fachwissen:* Zustandsbeobachter, Model-based fault detection, Optimierung der Zuverlässigkeit (dependability), elektronische Schaltungen, komplexe Messdaten-Analyse, z.B. Sprungdetektion.

Tel.: +49 (0)7531 206-290

E-Mail: roland.naegele@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Antonius Sax

Lehrgebiete: Konstruktion, Konstruktionslehre, Werkzeugmaschinen. *Spezielles Fachwissen:* Verzahnungen, Getriebe.

Tel.: +49 (0)7531 206-279

E-Mail: antonius.sax@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Kerstin Schaper-Lang

Lehrgebiete: Volkswirtschaftslehre, Betriebswirtschaftslehre, Unternehmensführung und -Organisation, CRM – Customer Relationship Management, Managerial Economics. *Forschungsgebiete:* Wohlstandbemessung - insbesondere der Faktor Freiheit, Genderforschung, Diversity and Inclusion, Innovationsmanagement, Corporate Identity – Organisationskultur, Kundenorientierung. *Spezielles Fachwissen:* Business-Coaching, NLP, Wirtschaftsethik.

Tel.: +49 (0)7531 206-687

E-Mail: kerstin.schaper-lang@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Udo Schelling

Lehrgebiete: Thermodynamik, Wärme- und Stoffübertragung, Energietechnik. *Forschungsgebiete:* Brennstoffzellen, Wassertechnik.

Tel.: +49 (0)7531 206-304

E-Mail: udo.schelling@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Karen Schirmer

Lehrgebiete: Apparatebau (Apparate und Armaturen, Konstruktion und Berechnung), Technische Mechanik, Konstruktionslehre, CAD, Methodik und Risikobeurteilung im Konstruktions- und Entwicklungsprozess, Abgasnachbehandlung (automotive, Filter & Katalysatoren), Recycling. *Spezielles Fachwissen:* Methodik und Risikobeurteilung im Konstruktions- und Entwicklungs-

prozess; Konstruktion verfahrenstechnischer Apparate & Armaturen, Abgasnachbehandlung.

Tel.: +49 (0)7531 206-594

E-Mail: karen.schirmer@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Carsten Ch. Schleyer

Lehrgebiete: Lean Production, Digitalisierung in der Produktion, Produktionsplanung, Produktionsnetzwerke, Materialwirtschaft, Produktionslogistik. *Forschungsgebiete:* Lean Production, Digitalisierung in der Produktion (Industrie 4.0), Produktionsplanung, APS-Systeme, Wertschöpfungssysteme. *Spezielles Fachwissen:* Digitalisierung in der Produktion (Industrie 4.0), Lean Production/Lean Management, Produktionsmanagement, Wertschöpfungssysteme, Modellfabrik Industrie 4.0, Produktionsplanung.

Tel.: +49 (0)7531 206-779

E-Mail: carsten.schleyer@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Klaus Schreiner

Lehrgebiete: Verbrennungsmotoren, Kraft- und Arbeitsmaschinen, Mathematik, Simulation, Softskills. *Forschungsgebiete:* Verbrennungsmotoren auf dem Bodensee, Mini-Blockheizkraftwerke, Motordiagnose, Motorsimulation. *Spezielles Fachwissen:* Motorsimulation, Motordiagnose, Verbrennungsentwicklung, Common Rail, Buchautor.

Tel.: +49 (0)7531 206-307

E-Mail: klaus.schreiner@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Dieter Schwechten

Lehrgebiete: Mechanische Verfahrenstechnik/Partikeltechnologie, Abluftreinigung, Strömungslehre, Mehrphasenströmungen, Hygienic Design, Methoden der Verfahrensentwicklung, Design of Experiments (DoE), Sortiertechnik (Recycling). *Spezielles Fachwissen:* Energiesparende Mahlung und Sichtung feinsten Pulver, Online-Partikelmesstechnik, Probennahme, Partikel-trennverfahren in Aufbereitung und Recycling, Konstruktion und Optimierungen verfahrenstechnischer Apparate.

Tel.: +49 (0)7531 206-535

E-Mail: dieter.schwechten@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Philipp Steibler

Lehrgebiete: Technische Mechanik, Simulation und Programmieren. *Forschungsgebiete:* Finite-Elemente-Simulation.

Tel.: +49 (0)7531 206-727

E-Mail: philipp.steibler@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Jens Weber

Lehrgebiete: Technische Mechanik, Schwingungstechnik, MKS-Simulation, Mathematik, Modellbildung und Simulation. *Forschungsgebiete:* Dynamische Simulation hochwechselbelasteter Rädertriebe, Hochdruckpumpen und andere Motor-komponenten, MKS-Simulation, Stabilitätsuntersuchungen an Walzanlagen und Walzprozessen, nichtlineare Dynamik radial gekoppelter Rotoren. *Spezielles Fachwissen:* Mehrkörpersysteme

me, nichtlineare Dynamik, Schwingungsmessung und -analyse, Signalanalyse, mathematische Modellbildung und Simulation, Numerik, FEM.

Tel.: +49 (0)7531 206-408

E-Mail: jens.weber@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Reinhard Winkler

Lehrgebiete: Werkstofftechnik, Mathematik, Trenn- und Fügetechnik, Technische Mechanik. *Forschungsgebiete:* Werkstofftechnik, Trenn- und Fügetechnik. *Spezielles Fachwissen:* Werkstofftechnik: Leichtmetallwerkstoff Aluminium (Legierungsentwicklung, Space-Frame-Technologie); Trenn- und Fügetechnik: Laserstrahlschweißen.

Tel.: +49 (0)7531 206-754

E-Mail: reinhard.winkler@htwg-konstanz.de



Fakultät Wirtschafts-, Kultur- und Rechtswissenschaften

Prof. Dr. jur. Rainer Bakker

Lehrgebiete: Wirtschafts- und Gesellschaftsrecht, EU-Recht, Rechtsvergleichung, Konfliktmanagement/Alternative Dispute Resolution (ADR), Gewerblicher Rechtsschutz/Intellectual Property inklusive Medien- und Urheberrecht. *Forschungsgebiete:* ADR (Einsatz der Mediation und ähnlicher Verfahren im Wirtschaftsrecht), Internationale Zuliefererverträge und Kooperationsverträge (F&E). *Spezielles Fachwissen:* Gestaltung internationaler Zuliefererverträge, Alternative Streitbeilegung, Rechtsfragen des E-Commerce.

Tel.: +49 (0)7531 206-426

E-Mail: rainer.bakker@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Jochen Benz

Lehrgebiete: Logistik (insbesondere Materialwirtschaft, Produktion, Simulation in der Logistik, IT-Systeme), Wirtschaftsinformatik, Allgemeine BWL. *Forschungsgebiete:* Management Informationssysteme und Business Intelligence. *Spezielles Fachwissen:* Management Informationssysteme und Business Intelligence, Simulation in der Logistik.

Tel.: +49 (0)7531 206-125

E-Mail: jochen.benz@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Beate Bergé

Lehrgebiete: Volkswirtschaftslehre, International Economics, Development Economics. *Spezielles Fachwissen:* Länder- und Marktanalysen Indien, Interkulturelles Training Indien, Qualitätsmanagement.

Tel.: +49 (0)7531 206-113

E-Mail: beate.berge@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Andreas Bertsch

Lehrgebiete: Grundlagen der BWL, Finanzierung, Bilanzierung, Bilanzpolitik und Bilanzanalyse nach Handelsgesetzbuch (HGB) und International Financial Reporting Standards (IFRS), Case Studies, Steuersysteme und Investitionsförderung. *Forschungsgebiete:* Rechnungslegung nach HGB und IFRS, Risikomanagement, Unternehmensbesteuerung, Unternehmensbewertung, Unternehmensfinanzierung. *Spezielles Fachwissen:* Umstellung der Rechnungslegung von HGB auf IFRS, Bilanzierung von Finanzinstrumenten, insbesondere Derivate und strukturierte Produkte, nach nationalen und internationalen Grundsätzen, Unternehmensbewertung, Risikomanagement bei Banken.

Tel.: +49 (0)7531 206-531

E-Mail: andreas.bertsch@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Frank Best

Lehrgebiete: Allgemeine BWL, Internationales Management, Vertriebsmanagement, Kosten- und Leistungsrechnung, Strategisches Controlling, Qualitätsmanagement. *Spezielles Fachwissen:* Internationales Management, Internationaler Vertrieb, Glasindustrie, Solarindustrie.

Tel.: +49 (0)7531 206-338

E-Mail: frank.best@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. jur. Susanne Engelsing

Lehrgebiete: Markenrecht, Geschmacksmusterrecht, Patentrecht, Gebrauchsmusterrecht, Urheberrecht, Wettbewerbsrecht, Arbeitnehmererfinderrecht, Systematik und Methoden der Rechtswissenschaft, BGB Allgemeiner Teil und Allgemeines Schuldrecht, Besonderes Schuldrecht, Deutsches und Europäisches Verfassungsrecht. *Forschungsgebiete:* Markenrecht, Geschmacksmusterrecht, Patentrecht, Gebrauchsmusterrecht, Urheberrecht, Wettbewerbsrecht, Arbeitnehmererfinderrecht. *Spezielles Fachwissen:* Markenrecht, Geschmacksmusterrecht, Patentrecht, Gebrauchsmusterrecht, Urheberrecht, Wettbe-

werbsrecht, Arbeitnehmererfinderrecht, Presserecht, Lebensmittellkennzeichnungsrecht infolge über 13-jähriger Tätigkeit als Wirtschaftsrechtsanwältin in diesen Rechtsgebieten.

Tel.: +49 (0)7531 206-746

E-Mail: susanne.engelsing@htwg-konstanz.de

Prof. Peter Franklin

Lehrgebiete: Interkulturelles Management, Interkulturelle Wirtschaftskommunikation, Wirtschaftsenglisch. *Forschungsgebiete:* Interkulturelle Managementkompetenzen, Auslandsentsendungen, Interkulturelle Interaktion. *Spezielles Fachwissen:* Kompetenzbeurteilung und -entwicklung.

Tel.: +49 (0)7531 206-396

E-Mail: peter.franklin@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Stephan Grüninger

Lehrgebiete: Allgemeine BWL, Managerial Economics, Compliance und Corporate Governance, Wirtschafts- und Unternehmensethik. *Forschungsgebiete:* Corporate Governance und Compliance Management, Fraud Risk Management & Fraud Investigation, Compliance Auditing & Monitoring, Wirtschaftsethik/Corporate Responsibility. *Spezielles Fachwissen:* Unternehmensführung und -überwachung, Aufdeckung und Prävention von Wirtschaftskriminalität, insbesondere Korruptionsbekämpfung, Compliance Management und Business Ethics.

Tel.: +49 (0)7531 206-251

E-Mail: stephan.grueninger@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Oliver Haag

Lehrgebiete: Gesellschaftsrecht, Handelsrecht, Arbeitsrecht, Bürgerliches Recht, Compliance, Corporate. *Forschungsgebiete:* Betriebsverfassung im Mittelstand, Rechtsverhältnisse von Gesellschaftern und Gesellschaften, Unternehmensnachfolge in Familienunternehmen, Compliance in kleinen und mittelständischen Unternehmen. *Spezielles Fachwissen:* Unternehmensgründung und -nachfolge, Managerhaftung, Gesellschaftsrecht, Handelsrecht, Arbeitsrecht, Beteiligungsverwaltung, Compliance.

Tel.: +49 (0)7531 206-452

E-Mail: oliver.haag@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Michael Hadamitzky

Lehrgebiete: Logistik, Supply Chain Management, Produktion. *Forschungsgebiete:* Supply Chain Management in der Automobilindustrie, Einkaufsstrategien im Mittelstand, FuE-Benchmarking im Maschinen- und Anlagebau. *Spezielles Fachwissen:* Logistik, Fertigungsoptimierung, Einkauf, Fabrikplanung, Restrukturierung, Innovationsmanagement.

Tel.: +49 (0)7531 206-341

E-Mail: michael.hadamitzky@htwg-konstanz.de

linkedin Profil: <https://de.linkedin.com/in/michael-hadamitzky-254553110>

Prof. Dr. Olaf Hoffmann

Lehrgebiete: Controlling, insbesondere Projektcontrolling, Rechnungswesen, Finanzierung und Investition. *Forschungsgebiete:* Controlling von Finanzdienstleistern sowie Projektcontrolling. *Spezielles Fachwissen:* Vernetzung zwischen Controllingkonzeption und IT-spezifischer Umsetzung, Bankencontrolling, Projektcontrolling.

Tel.: +49 (0)7531 206-655

E-Mail: olaf.hoffmann@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Annette Kleinfeld

Lehrgebiete: Wirtschaft und Gesellschaft, insbesondere Wirtschafts- und Unternehmensethik, gesellschaftliche Verantwortung von Unternehmen/ Organisationen (C(S)R), verantwortliche Unternehmensführung, Werte- und Integritätsmanagement, praktische Philosophie und angewandte Ethik. *Forschungsgebiete:* Gesellschaftlich und ethisch verantwortbare Organisationsführung als unternehmerischer Beitrag zur nachhaltigen Entwicklung und der neuen „Agenda 2030“ der Vereinten Nationen in Form der „Sustainable Development Goals (SDGs)“; Intra- und transkulturelles Wertemanagement in mittelständisch geprägten, inhabergeführten und Familienunternehmen; Entwicklung eines ganzheitlichen Managementmodells und Gütesiegels „Erfolg mit Anstand“ in enger Kooperation mit Pilotunternehmen der Privatwirtschaft; Entwicklung des „DEX – Deutscher Ethik Index“ im Auftrag der Stiftung – CLUB OF HAMBURG*. *Spezielles Fachwissen:* Unternehmenskultur und Kulturdiagnostik, wertorientierte Unternehmensführung und -steuerung; ISO 26000 und alle daraus abgeleiteten nationalen Fassungen – vom Entwicklungsprozess bis zur praktischen Anwendung.

Tel.: +49 (0)7531 206-404

E-Mail: annette.kleinfeld@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Katrin Klodt-Bußmann

Lehrgebiete: Wirtschaftsprivatrecht, Öffentliches Wirtschaftsrecht. *Forschungsgebiete:* Internationales Vertragsrecht, Handels- und Gesellschaftsrecht, Vergaberecht. *Spezielles Fachwissen:* Gesellschaftsrechtliche Transaktionen im internationalen Konzern, insbesondere Umstrukturierungen, Gründungen von JVs etc., Internationale Projektverträge insbesondere im Bereich Automotive.

Tel.: +49 (0)7531 206-308

E-Mail: katrin.klodt-bussmann@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Klaus Kohlöffel

Lehrgebiete: Strategisches Management. *Spezielles Fachwissen:* Konzeption einer Langfristplanung für Geschäfte und deren regionale Einheiten, Entwicklung und Moderation von Strategie-Workshops zur Geschäftsentwicklung, Konzeption und Begleitung von Prozessen zur Auswahl und Entwicklung von Führungskräften, Unternehmer-/Führungskräfte-Coaching zur Entwicklung und Umsetzung persönlicher und geschäftlicher Zielsetzungen.

Tel.: +49 (0)7531 206-407
E-Mail: klaus.kohloeffel@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Christian Krekeler

Lehrgebiete: Deutsch als Fremdsprache, Fachsprache Deutsch.
Forschungsgebiete: Fremdsprachendidaktik, Schreiben in der Fremdsprache, Sprachtests. *Spezielles Fachwissen:* Studienverlaufsanalysen, internationale Studierende.

Tel.: +49 (0)7531 206-395
E-Mail: christian.krekeler@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Thomas Maier LL.M

Lehrgebiete: Bürgerliches Recht, Steuerrecht, Insolvenzrecht, Legal Management. *Forschungsgebiete:* Recht der Automobilzulieferindustrie, insbesondere zu vertrags-, produkthaftungs- und kartellrechtlichen Fragestellungen. *Spezielles Fachwissen:* Unternehmensgründung, Unternehmensstrukturierung, Unternehmensübernahmen und Unternehmensnachfolge (jeweils gesellschafts- und steuerrechtlich).

Tel.: +49 (0)7531 206-483
E-Mail: thomas.maier@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Heinz Mürdter

Lehrgebiete: Wirtschafts- und Finanzmathematik, internationale Wirtschaftsbeziehungen. *Forschungsgebiete:* Theorie und Geschichte der Globalisierung, Ökonomik der Ölförderländer, New Systems Competition. *Spezielles Fachwissen:* Modellierung und Simulation in Ökonomie und Demographie.

Tel.: +49 (0)7531 206-442
E-Mail: heinz.muerdter@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Manfred Pollanz

Lehrgebiete: Betriebliches Rechnungswesen, Investition und Finanzierung, Geschäftsplanung und Unternehmensüberwachung, Internationale Rechnungslegung und Wirtschaftsprüfung, Management Consulting. *Forschungsgebiete:* Risikoorientierter Prüfungsansatz, Risikomanagement, Risk Adjusted Balanced Scorecard, Internationale Rechnungslegung. *Spezielles Fachwissen:* Wirtschaftsprüfung, Unternehmensberatung, Internationale Rechnungslegung, KMU-Beratung.

Tel.: +49 (0)7531 206-682
E-Mail: manfred.pollanz@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Bernd Richter

Lehrgebiete: Allgemeine BWL, Organisation und Führung, Kommunikation. *Spezielles Fachwissen:* Führung, Personal, Kommunikation.

Tel.: +49 (0)7531 206-333
E-Mail: bernd.richter@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Clotilde Rohleder

Lehrgebiete: Innovation Management inkl. Product Lifecycle Management, Marketing, Betriebswirtschaftslehre, Mikro- und

Makroökonomie. *Forschungsgebiete:* Innovation Management, Product Lifecycle Management. *Spezielles Fachwissen:* Innovation Management, Product Lifecycle Management.

Tel.: +49 (0)7531 206-484
E-Mail: clotilde.rohleder@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Jan-Dirk Rosche

Veranstaltungen, Arbeits- und Forschungsfelder: Leadership, Coaching, Team-Entwicklung, Unternehmerisches Handeln, Personal-, Organisations-Entwicklung, In- und Outdoor-Lernen. Spezielle Expertise: Tätigkeiten und Führungsaufgaben in international tätigen Konzernen der Chemie- und Automobilindustrie im klassischen Human Resources Management, Personalmarketing, in innovativer und strategischer Personal- und Organisationsentwicklung, Beratungs-, Coaching-, Trainingserfahrung in Profit- und Non-Profit-Organisationen, Zusatzausbildungen in systemischer und gestaltpsychologischer Beratung, im Career Development und Change Management.

Tel.: +49 (0)7531 206-403
E-Mail: jan-dirk.rosche@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Leo Schubert

Lehrgebiete: Marketing, Statistik, Unternehmensforschung, Kreativität und Ideenmanagement, International Finance Markets. *Forschungsgebiete:* Kapitalmarktforschung, Kundenzufriedenheitsforschung. *Spezielles Fachwissen:* Portfoliooptimierung, multivariate Datenanalyse.

Tel.: +49 (0)7531 206-429
E-Mail: leo.schubert@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Stefan Schweiger

Lehrgebiete: Industrielles Projekt- und Prozessmanagement, Supply Chain Management, Qualitätsmanagement, Materialwirtschaft, Servicemanagement (Investitionsgüter). *Forschungsgebiete:* Servicemanagement in der Investitionsgüterindustrie (insb. Maschinen- und Anlagenbau, Medizintechnik). *Spezielles Fachwissen:* Change Management, Projektmanagement, Logistik/SCM, Prozessmanagement, Servicemanagement.

Tel.: +49 (0)7531 206-443
E-Mail: stefan.schweiger@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Marc Strittmatter

Lehrgebiete: Bürgerliches Recht, Handelsrecht, Informationsrecht, Vertragsmanagement, Datenschutzrecht, Urheberrecht. *Forschungsgebiete:* Cloud Computing, Datenschutzrecht, Internationales Privatrecht. *Spezielles Fachwissen:* Technisches Recht, insbesondere IT Projektvertragsrecht.

Tel.: +49 (0)7531 206-755
E-Mail: marc.strittmatter@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Gabriele Thelen

Lehrgebiete: Fachsprache Deutsch und interkulturelle Kommunikation. *Forschungsgebiete:* Interkulturelle Kommunikation,

Deutsch als Fremdsprache. *Spezielles Fachwissen:* Fortbildungen im Bereich Krisenkommunikation, Konfliktmanagement und Verhandlungsführung.

Tel.: +49 (0)7531 206-640

E-Mail: gabriele.thelen@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Tatjana Thimm

Lehrgebiete: Tourismusmanagement, Schwerpunkt Marketing.

Forschungsgebiete: Destinationsmanagement, Nachhaltiger Tourismus, Kulturtourismus (regional: Indien, Bodensee).

Tel.: +49 (0)7531 206-145

E-Mail: tatjana.thimm@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Werner Volz

Lehrgebiete: Allgemeine BWL, insbesondere Finanzierung und Betriebswirtschaftliche Steuerlehre, Betreuer des Arbeitskreises "Unternehmensrechnung und Steuern". *Forschungsgebiete:* Finanzierung und Steuern, Internationale Rechnungslegung nach International Financial Reporting Standards (IFRS), Unternehmensnachfolge und Besteuerung sowie Fragen der grenzüberschreitenden Besteuerung. *Spezielles Fachwissen:* Unternehmens- und Nachfolgeplanung, Besteuerung von Familienunternehmen und Unternehmensbewertung, Beratung von Start up Unternehmen, steuerliche Beratung im Rahmen grenzüberschreitender Tätigkeiten in die Schweiz und Österreich, Selbstanzeigen und steuerliche Nacherklärungen.

Tel.: +49 (0)7531 206-405

E-Mail: werner.volz@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Sharon Zaharka

Lehrgebiete: Wirtschaftsenglisch, Technisches Englisch, interkulturelle Kommunikation, Landeskunde USA, Deutsch als Fremdsprache. *Forschungsgebiete:* Fremdsprachendidaktik: Fachsprache Wirtschaft an Hochschulen, English as Medium of Instruction, Interkulturelle Kommunikation. *Spezielles Fachwissen:* Fachsprache Wirtschaft, Interkulturelle Kommunikation USA.

Tel.: +49 (0)7531 206-487

E-Mail: sharon.zaharka@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Thomas Zerres

Lehrgebiete: Bürgerliches Recht, Handelsrecht, Marketingrecht, Europarecht. *Forschungsgebiete:* KMU-Marketingrecht, KMU-Vertriebsrecht, Entrepreneurialrecht, Europäisches Privatrecht.

Tel.: +49 (0)7531 206-758

E-Mail: thomas.zerres@htwg-konstanz.de



Anzeige



TEAMS WORK.

Weil Erfolg nur im Miteinander entstehen kann. Die Züblin-Direktion Stuttgart entwickelt Lösungen für anspruchsvolle Bauprojekte und bietet mit dem Züblin teamconcept ein bewährtes Partneringmodell, das einen hohen Qualitätsstandard sowie frühzeitig Kosten- und Terminsicherheit garantiert. Unseren Erfolg verdanken wir dem Engagement unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, die auch komplexe Bauvorhaben durch perfekte Abläufe erfolgreich umsetzen.

Zur Verstärkung suchen wir laufend für verschiedene Regionen engagierte Praktikanten/innen und Hochschulabsolventen/innen der Fachrichtung Bauingenieurwesen, Projektmanagement Bau, Gebäudeklimatik und Betriebswirtschaftslehre, die bei uns per Direkteinstieg oder Trainee-programm ins Berufsleben starten möchten.

www.zueblin.de



TEAMS WORK.

Ed. Züblin AG, Standort Singen, Maggistr. 5, 78224 Singen, Tel. +49 7731 9245-0, singen@zueblin.de

Thyssen-Aufzugsturm: Fotowelt

Projekte

Forschungsprojekte der HTWG Konstanz

Fakultät Architektur und Gestaltung

Wechselwirkung bei der Kommunikation mit Geschriebenem, Präsentiertem und Bildern

Im Projekt werden die Fragestellungen untersucht: Welche Wechselwirkungen entstehen bei der Kommunikation mit Geschriebenem, Präsentiertem und Bildern? Wie geht eine Professionalisierung dieser Kommunikation vonstatten? Wie kann sie befördert werden, insbesondere bei der Vermittlung komplexer Sachverhalte wie in der Kommunikation von Wissenschaft und Technik?

Prof. Dr. phil. Volker Friedrich

Tel.: +49 (0)7531 206-659

E-Mail: volker.friedrich@htwg-konstanz.de

Virtuelle Rekonstruktion

Das Projekt beinhaltet die Erarbeitung eines gestalterischen Gesamtkonzeptes für den Ausstellungsbereich der virtuellen Rekonstruktion der neolithischen Siedlung Hornstaad für die Große Landesausstellung 2016 in Bad Schussenried.

Prof. Eberhard Schlag

Tel.: +49 (0)7531 206-185

E-Mail: eberhard.schlag@htwg-konstanz.de

Solararchitektonische Systeme

Baunetz Wissen Solar: Das größte deutschsprachige Online-Portal für Architekten dient als Informationsplattform für das aktuelle Baugeschehen und wird als Nachschlagewerk für die Planung genutzt. Das Wissensportal zum Thema Solares Bauen wird vom Fachgebiet Energieeffizientes Bauen inhaltlich betreut. Ziel ist die Vermittlung aktueller Entwicklungen in Forschung und Praxis an Architekt/inn/en und Interessierte. Energieuntersuchungen sind eine Hilfestellung für Architekturbüros im Wettbewerb. In Auftrag gegeben vom Wettbewerbsauslober, stellt die Untersuchung die Möglichkeiten der Energienutzung und -produktion am Grundstück übersichtlich und ansprechend dar.

Prof. Dr.-Ing. Thomas Stark

Tel.: +49 (0)7531 206-191

E-Mail: thomas.stark@htwg-konstanz.de

Designforschung

Ziel war es, ein Fotobuch zu entwickeln aus einem Archiv an historischen Bildern, um Geschichte einem jüngeren Publikum durch Bilder spannend zu vermitteln.

Prof. Brian Switzer

Tel.: +49 (0)7531 206-769

E-Mail: brian.switzer@htwg-konstanz.de



Fakultät Bauingenieurwesen

Modalanalyse durch baulynamische Messungen

An der TU Darmstadt werden die Möglichkeiten der terrestrischen Microwelleninterferometrie für den Einsatz im Bauwesen untersucht. Zur Validierung und Kalibrierung setzte das Labor für Baudynamik der HTWG Konstanz konventionelle Sensorik für die Ermittlung von Eigenfrequenzen, Modalformen und weiteren modalen Parametern ein. Es wurde eine hervorragende Korrelation festgestellt, und es lässt sich begründet vermuten, dass diese relativ neue Messtechnik für das Bauwesen viel Potential bietet.

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Francke

Tel.: +49 (0)7531 206-217

E-Mail: wolfgang.francke@htwg-konstanz.de

Multispektral-Scankamera

Ziel der Kooperation ist es, die Kompetenzen der HTWG Konstanz im Bereich Farb- und Lichtmesstechnik mit den Fähigkeiten eines Unternehmens zu vereinigen, um so schneller Anwendungen und Produkte im Bereich Farbkamera Scantechnik umsetzen zu können.

Prof. Dr.-Ing. Bernd Jödicke

Tel.: +49 (0)7531 206-345

E-Mail: bernd.joedicke@htwg-konstanz.de

Weggesteuerte Abnahmeprüfungen an zementgebundenen Stabilisierungssäulen

Mit Hilfe der weggesteuerten Abnahmeprüfungen werden Einzelsäulenbelastungen bis 160 kN/Säule in situ durchgeführt. Mit einer gerätetechnisch möglichen Vorschubgeschwindigkeit von bis zu 0,01 mm/min werden dabei Kriech- und Sprungversuche zur Ermittlung des Kriechmaßes ϵ_{cs} und des Zähigkeitsindex I_v gefahren. Mit den gewonnenen Prüfergebnissen kann auf die Tragfähigkeit und das Setzungsverhalten der einzelnen Säule und des Verbundsystems Boden – Säule geschlossen werden.

Prof. Dr.-Ing. Wolfgang Reitmeier

Tel.: +49 (0)7531 206-224

E-Mail: wolfgang.reitmeier@htwg-konstanz.de

5D-Konferenz

The international 5D Conferences take place at the University of Applied Sciences in Constance. Representatives of the construction industry will present their current experiences and skills in applying 5D model-based process integration in practice. Their aim is to discuss the current status of model-based processes and to debate on future developments and envisioned goals. This way we can pro-actively shape the future of the construction industry. Further we can stimulate a healthy exchange of ideas during this debate and benefit from both practice as well as research experience.

Prof. Dr.-Ing. Uwe Rickers

Tel.: +49 (0)7531 206-716

E-Mail: uwe.rickers@htwg-konstanz.de

Folgen des Klimawandels auf massengutaffine Unternehmen in Baden-Württemberg – Verwundbarkeiten und modellhafte Anpassungsmaßnahmen

Der Klimawandel betrifft die Unternehmen in Baden-Württemberg in vielfältiger Weise. Während die Auswirkungen des Klimawandels auf Baden-Württemberg schon in mehreren Studien untersucht wurden, sind die konkreten Auswirkungen auf die Unternehmen und deren mögliche Anpassungsmaßnahmen bisher trotz erster Studien in diesem Themenbereich unvollständig analysiert, da die Untersuchungen entweder nur einzelne Auswirkungen des Klimawandels (z.B. mehr Hitzetage) analysieren oder auf bestimmte Räume (z.B. Rhein) fokussieren. Um den wachsenden Beratungsbedarf massengutaffiner Unternehmen

zu Klimafragen zu erfüllen und Informationslücken zwischen Wissenschaft und Praxis zu schließen, soll in diesem Projekt der Themenkomplex „Klimawandelfolgen, Verwundbarkeiten und Anpassungsoptionen für massengutaffine Unternehmen in Baden-Württemberg“ untersucht werden. Hierzu soll die massengutaffine Industrie hinsichtlich ihrer Verletzlichkeit gegenüber Transporteinschränkungen während Niedrigwasserperioden analysiert werden. Unter Einbeziehung bereits vorhandener Studien sollen die Vulnerabilitätsuntersuchungen der einzelnen Unternehmen wenn möglich vor Ort geschehen. Die Ergebnisse können dann in ein bestehendes Modell eingepflegt werden, um sowohl die Verwundbarkeit verschiedener Unternehmen in Vergangenheit, Gegenwart und Zukunft miteinander vergleichbar zu machen, als auch die Auswirkungen von möglichen Anpassungsmaßnahmen zu quantifizieren.

Prof. Dr. rer. nat. habil. Benno Rothstein

Tel.: +49 (0)7531 206-714

E-Mail: benno.rothstein@htwg-konstanz.de

Nutzungskonflikte bei zukünftigen Niedrigwasserzuständen – Analyse und Ableitung von Handlungsempfehlungen an den Beispielen Murg und Kocher

Das Projekt identifiziert vorhandene und im Zuge des Klimawandels potenziell auftretende Interessens- und Nutzungskonflikte um die Ressource Wasser sowie die beteiligten Akteure (Energienutzung, Landwirtschaft, kommunale Entwässerung, Ökologie, Tourismus, etc.) in zwei beispielhaften Einzugsgebieten in Baden-Württemberg (Murg und Kocher). In einem partizipativen Prozess werden fachlich fundierte und reproduzierbare Handlungsoptionen für diese Interessens- und Nutzungskonflikte um die Ressource Wasser entwickelt. Im Prozess des Managements von Interessens- und Nutzungskonflikten um Querschnittsthemen wie Wasser müssen ökonomische, gesellschaftliche und ökologische Belange adäquat berücksichtigt werden und in einem partizipativen Prozess zwischen den verschiedenen Akteuren ausgehandelt werden. Anhand der Beispieleinzugsgebiete Murg und Kocher sollen der Prozess zur Identifikation von Konflikten, die Ableitung von Konfliktlösungsstrategien und Handlungsempfehlungen beispielhaft durchgeführt werden. Die Moderation und Identifikation von Lösungsansätzen in bestehenden und zukünftigen Interessens- und Nutzungskonflikten um die Ressource Wasser in den Beispielregionen kann als systematische Herangehensweise auch auf andere Regionen Baden-Württembergs übertragen werden. Siehe auch Artikel in dieser Ausgabe.

Prof. Dr. rer. nat. habil. Benno Rothstein

Tel.: +49 (0)7531 206-714

E-Mail: benno.rothstein@htwg-konstanz.de

Kompetenzzentrum Energiewende Konstanz

Das Projekt verfolgt das Ziel, mit Hilfe einer Servicestelle vorhandene Kompetenzen im Bereich der nachhaltigen Energieversorgung von Gebäuden, Kommunen und Regionen an der

Hochschule Konstanz professionell zu bündeln und mit externen Experten z.B. aus Unternehmen, Stadtverwaltung und Gesellschaft zusammenzubringen. In einem partizipativen Prozess werden Konstanzer Problemstellungen identifiziert und Kristallisationspunkte für interdisziplinäre, sektorübergreifende Projektteams geschaffen. Entstehende Projektteams werden durch die Servicestelle bei der transdisziplinären Zusammenarbeit methodisch begleitet und insbesondere bei der Organisation von Projektfinanzierungen unterstützt. Das Projekt soll so die Grundlage für innovative, integrierte und anwendungsorientierte Forschungsprojekte zur Energiewende in der Region Konstanz verbessern. Es schafft eine Infrastruktur für die Stärkung des Beitrags der Hochschule Konstanz zur Energiewende in der Region.

Prof. Dr. rer. pol. Maïke Sippel

Tel.: +49 (0)7531 206-460

E-Mail: maïke.sippel@htwg-konstanz.de

Zukunftswerkstatt 2.0

Erstellung eines Leitfadeninterviews und Einbeziehung eines Keypoint-Konzeptes im Projekt Zukunftswerkstatt 2.0.

Prof. Dr. rer. pol. Maïke Sippel

Tel.: +49 (0)7531 206-460

E-Mail: maïke.sippel@htwg-konstanz.de

Anwendung von rezyklierter Gesteinkörnung aus Mauerwerkabbruch (Typ 2) in RC-Beton

Während für recycelten Betonabbruch die Qualitätsmerkmale zum Einsatz im RC-Beton vielfach geprüft sind und damit zumindest teilweise gebaut wird, sind die Anforderungen für Mauerwerksabbruch noch nicht umfassend chemisch und physikalisch anhand von Kennwerten beschrieben. Hemmnisse ergeben sich u.a. durch unzureichende Bekanntheit von RC-Beton mit RC-Körnung des Typs 2 bei Planern und Bauherren, fehlende Langzeit-Erfahrungen, den möglichen Gipsgehalt im Abbruchmaterial, unzureichende einfache Möglichkeiten der Qualitätskontrolle beim Recycling-Unternehmen vor Ort, die schwankende Wasseraufnahme der verschiedenen Ziegelqualitäten und unzureichende Aussagen zur Dauerhaftigkeit, u. a. Frostbeständigkeit in den entsprechenden Expositionsklassen des Betoneinsatzes. Siehe auch Artikel in dieser Ausgabe.

Prof. Dr.-Ing. Sylvia Stürmer

Tel.: +49 (0)7531 206-225

E-Mail: sylvia.stuermer@htwg-konstanz.de

Spezielle Untersuchungen an Bauprodukten

In diesem Arbeitsbereich werden Prüfaufträge an Bauprodukten durchgeführt, die nicht im Rahmen der von der Bauaufsicht geforderten Güteüberwachung, sondern im Auftrag im Zusammenhang mit speziellen Baumaßnahmen oder mit der Entwicklung neuer Bauprodukte durchgeführt werden. Beispiele hierfür sind Spezialprüfungen an Styroporblöcken, die bei Dammschüttungen im Straßenbau verwendet werden, Spezialprüfungen an Glasfaserverstärkten Betonelementen, an Schalungsankern,

Verwahrkästen (Abschalelemente mit Anschlussbewehrung), neu entwickelten Estrichen, Festigkeitsprüfungen an Gewebeschlaufen, Spezialprüfungen an Natursteinen, etc. Meist handelt es sich dabei um neu entwickelte Bauprodukte, die im Auftrag der Hersteller auf bestimmte Eigenschaften und Eignungen hin untersucht werden sollen. Da es sich hier oft nicht um Standardprüfungen handelt, für die es Prüfnormen gibt, müssen nicht selten geeignete Prüfverfahren entwickelt werden.

Prof. Franz Zahn PhD

Tel.: +49 (0)7531 206-216

E-Mail: franz.zahn@htwg-konstanz.de

Zustandserfassung und Begutachtung von Bauteilen und Baustoffen des Hoch- und Tiefbaus

Im Auftrag werden Bauwerke bzw. Teile von Bauwerken des Hoch- und Tiefbaus auf Schäden untersucht, die die Gebrauchstauglichkeit oder die Tragfähigkeit vermindern könnten. Vorwiegend handelt es sich dabei um drei Gruppen von Schadensursachen: Planungs- oder Herstellungsbedingte Mängel bei Neubauten, Mängel und Bauschäden infolge Witterungsbedingter Einflüsse, Materialermüdung und Abnutzung, vorwiegend an älteren Bauwerken und Brandschäden. Die Zustandserfassung ist in der Regel mit verschiedenen Untersuchungen vor Ort verbunden, wie z.B. Messung der Karbonatisierungstiefe, Messung der vorhandenen Betonüberdeckung, Messung der Eindringtiefe von Chloriden und die zerstörungsfreie Bestimmung der vorhandenen Druck- bzw. Haftzugfestigkeiten von Bauteilen vor Ort. Ferner werden an betroffenen Stellen Materialproben für weitere Untersuchungen im Labor entnommen. An diesen Proben können z.B. die Feuchte, die Wassereindringtiefe, die Festigkeit, die chemische Zusammensetzung, der Gehalt an wasserlöslichen Salzen und eventuelle Auffälligkeiten im Gefüge untersucht werden. Die vor Ort und an den entnommenen Proben bestimmten Kennwerte werden dann ausgewertet und hinsichtlich ihrer Bedeutung für die Gebrauchs- bzw. Tragfähigkeit des Bauwerks bewertet.

Prof. Franz Zahn PhD

Tel.: +49 (0)7531 206-216

E-Mail: franz.zahn@htwg-konstanz.de



Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik

Codierungsverfahren zur Stenographie

Steganographie ist der Überbegriff für Verfahren zum Einbetten verborgener Informationen in Bilder oder Audio-Dateien. Die verborgenen Informationen dienen z.B. als Urheberschutz (Stichwort: digitale Wasserzeichen). In diesem Vorhaben sollen spezielle Verfahren für die Steganographie bei Sprachdaten entwickelt werden. Ziel ist dabei die Einbettung von Parametern zur Sprachcodierung in Sprachdaten, wie sie z.B. über das herkömmliche Telefonnetz übertragen werden. Mit den detektierten Parametern kann die Qualität der übertragenen Sprache auf der Empfangsseite deutlich verbessert werden. Durch das Einbetten der Information in die herkömmlichen Sprachdaten kann dies ohne Einfluss auf bestehende Netze und Endgeräte geschehen.

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Freudenberger

Tel.: +49 (0)7531 206-150

E-Mail: juergen.freudenberger@htwg-konstanz.de

Entwicklung einer flexiblen Fehlerkorrektur für Flash-Speicher

Flash-Speicher wurden ursprünglich als Speichermedium für Digitalkameras entwickelt. Inzwischen finden sie in vielen Bereichen Anwendung, so sind Flash-Speicher in Form von Solid State Drives heute schon direkte Konkurrenten zur magnetischen Datenspeicherung auf Festplatte und könnten diese in den nächsten Jahren im Bereich der Personalcomputer weitgehend ablösen. Fehlerkorrekturverfahren sind für einen zuverlässigen Einsatz von Flash-Speichern unabdingbar. Im Rahmen dieser Kooperation wird ein Flashcontroller mit sehr leistungsfähiger Fehlerkorrektur entwickelt.

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Freudenberger

Tel.: +49 (0)7531 206-150

E-Mail: juergen.freudenberger@htwg-konstanz.de

Kombinierte Quellen- und Kanalcodierung für Flash-Speicher – Fehlerkorrektur

Die Verbreitung Flash-basierter Speichertechnologien nimmt stetig zu. So findet man Flash Speicher praktisch in jedem eingebetteten System. Gerade bei Steuergeräten in Fahr- und Flugzeugen, aber auch bei vielen medizinischen und industriellen Anwendungen ist eine hohe Zuverlässigkeit für die gespeicherten Daten von großer Bedeutung. Flash-Speicher verfügen aber grundsätzlich nur über eine begrenzte Zuverlässigkeit. Da mit wachsender Speicherkapazität die Anzahl der Ladungsträger zur Speicherung eines Informationsbits immer weiter reduziert wird, steigt die Fehlerwahrscheinlichkeit der Speicherbausteine mit jeder neuen Generation an. Daher sind Verfahren zur Fehlerkorrektur für einen zuverlässigen Einsatz von Flash-Speichern unabdingbar. Die Fehlerkorrektur entwickelt sich immer mehr zum begrenzenden Faktor für den Datendurchsatz, die Speicherkapazität und auch für die Zuverlässigkeit der Flash-basierten, persistenten Speicherung. Neuere Korrekturverfahren bieten ein

großes Potenzial zur Erhöhung der Zuverlässigkeit. Für zukünftige Flash-Speicher sind hier insbesondere Verfahren erforderlich, die Zuverlässigkeitsinformation über den Zustand der einzelnen Speicherzellen verarbeiten können. Diese Zuverlässigkeitsinformation wird beispielsweise durch mehrfaches Auslesen der Zellen mit unterschiedlichen Lesespannungen gewonnen. Andererseits müssen die Verfahren aber beweisbare und berechenbare Eigenschaften haben, um geringe Restfehlerwahrscheinlichkeiten garantieren zu können. Eine weitere Möglichkeit, die Leistungsfähigkeit der Flash-basierten Speicherung zu erhöhen, sind Verfahren zur Datenkompression, die die in den gespeicherten Daten vorhandene Redundanz ausnutzen. Durch die Datenkompression kann die sogenannte Write Amplification reduziert werden. Alternativ kann die Reduktion des Datenvolumens auch zur Erhöhung der Zuverlässigkeit genutzt werden. Im Rahmen dieses Projekts sollen daher Verfahren sowohl zur Quellen- als auch zur Kanalcodierung entwickelt werden, um die Zuverlässigkeit für Flash-Speicher zu erhöhen. Das Ziel sind Hardware-Architekturen für die entsprechenden Verfahren, die die speziellen Randbedingungen für diese Speichertechnologie berücksichtigen. So kann die Codierung nur für geringe Blockgrößen erfolgen. Die Decodierung muss Zuverlässigkeitsinformation berücksichtigen und geringe Restfehlerwahrscheinlichkeiten garantieren können. Gleichzeitig muss mit einer Hardware-Implementierung ein hoher Datendurchsatz, bei geringem Flächenverbrauch erzielt werden.

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Freudenberger

Tel.: +49 (0)7531 206-150

E-Mail: juergen.freudenberger@htwg-konstanz.de

3-Stufen-Pulswechselrichter mit Entlastungsnetzwerk

Im Projekt wird ein 3-Stufen-Pulswechselrichter mit einem neuartigen Entlastungsnetzwerk entwickelt. Mit der Schaltungsanordnung werden Schaltverluste vermieden und der Wirkungsgrad gesteigert.

Prof. Dr.-Ing. Manfred W. Gekeler

Tel.: +49 (0)7531 206-220

E-Mail: manfred.gekeler@htwg-konstanz.de

Hybrides Planungsverfahren zur energieeffizienten Wärme- und Stromversorgung von städtischen Verteilnetzen – HYPVEnEff:Stadt

Der steigende Anteil Erneuerbarer Energien (EE), die Notwendigkeit diese abzusichern und die Diversifizierung der Technologien im Bereich der Heizwärme und der dezentralen Stromerzeugung hat unmittelbar Auswirkungen auf die zukünftige Auslegung und Steuerung der Verteilnetze in der kommunalen Versorgung. Die wachsende Strom-Eigenerzeugung (Micro-KWK, BHKW, PV) in den Verteilnetzen kann einerseits eine Verminderung der Netzbelastung in Starklastzeiten bewirken, andererseits jedoch auch zu einer Umkehr der Stromflüsse und zu neuen lokalen Spitzenbelastungen führen. Der verstärkte Einsatz von

Wärmepumpen zur Gebäudeheizung wird neue Lastspitzen in den Stromverteilnetzen erzeugen, die auch in wind- und PV-armen Zeiten durch Graustrom (Strom aus fossilen Kraftwerken) abgesichert sein müssen. Ohne Maßnahmen der Laststeuerung müssten die Niederspannungs- (NS) und Mittelspannungsnetze (MS) kostenintensiv verstärkt und die Stationsdichte in der Stromverteilung erhöht werden. Die zusätzlichen Verbrauchsspitzen können jedoch durch zeitgleich arbeitende zentrale oder dezentrale, wärmegeführte KWK-Anlagen kompensiert oder sogar vermieden werden. Voraussetzung für den Betrieb von KWK-Anlagen ist die Existenz von Gas- und Wärmenetzen in der Verteilebene und die gezielte Steuerungsmöglichkeit der Kundenanlagen durch den Netzbetreiber. Der Einsatz zentraler und dezentraler Technologien führt somit zu einer engen Kopplung und gegenseitigen Abhängigkeit zukünftiger Wärme-, Gas- und Stromverteilnetze. Ein gesamtwirtschaftlich effizienter Umbau der Strom- und Wärmeerzeugung ist daher nur möglich, wenn parallel zum Einsatz der unterschiedlichen Technologien auch die kostenintensive Infrastruktur von Strom-, Gas- und Wärmenetzen betrachtet wird. Isolierte Spartenbetrachtungen werden den zukünftigen Anforderungen an die Energie- und speziell an die Wärmeversorgung sowohl in ökonomischer als auch in ökologischer Hinsicht nicht mehr gerecht. Das vorgeschlagene Forschungsvorhaben HYPVEN:EffStadt soll auf der Basis von Simulations- und Optimierungsverfahren eine integrierte Sichtweise der Energieverteilung erlauben. Dabei sollen die Aufgabenstellungen typischer Städte im besonderen Fokus stehen. Unter Berücksichtigung eines sich ändernden Kraftwerksparks mit hohem EE-Anteil werden in diesem Projekt zunächst gebäudescharf die unterschiedlichen Technologien der dezentralen Strom- und Wärmeerzeugung identifiziert, die optimale Anzahl und Leistung bestimmt und anschließend die Energienetze hierfür optimiert. Die Verbundpartner im vorliegenden Projekt wollen praxistaugliche hybride Planungsverfahren für Strom-, Gas- und Wärmeverteilnetze mit Priorisierung der zugehörigen Technologien entwickeln und anschließend die Auswirkungen an drei realen kommunalen Verteilnetzen untersuchen. Dabei werden die Auswirkungen ökologischer Zielvorgaben (z. B. Maximierung der Nutzung regenerativ erzeugten Stroms, Minimierung des Graustroms zur Absicherung der Erzeugungsleistung) und ökonomischer Zielvorgaben (z.B. Minimierung der Kosten der Verteilnetze mit und ohne Berücksichtigung der Kosten der Kundenanlagen) auf die Dimensionierung und Versorgungssicherheit realer Wärme- und Stromverteilnetze untersucht. Daraus können Empfehlungen für die zukünftigen zentralen und dezentralen Technologien und die Auslegung der Strom-, Gas- und Wärmenetze abgeleitet werden. Mit den so erarbeiteten Erkenntnissen kann eine Hochrechnung auf eine große Anzahl vergleichbarer kommunaler Netze in Deutschland erfolgen.

Prof. Dr. habil. Thomas Göllinger

Tel.: +49 (0)7531 206-704

E-Mail: thomas.goellinger@htwg-konstanz.de

Planung und Optimierung einer hybriden kommunalen Energieversorgung – PlanOhybE

Ziel dieses Vorhabens ist die Weiterentwicklung der wissenschaftlichen Grundlagen und exemplarischen Anwendung eines Entscheidungsunterstützungssystems (EUS) im Bereich der spartenübergreifenden, kombinierten Auslegung und ökonomischen Optimierung von Strom-, Gas- und Wärmenetzen unter Berücksichtigung der Siedlungs- und Bebauungsstruktur und des Einsatzes unterschiedlicher Technologien zur Heizwärme- und Stromerzeugung. Es sollen vorhandene Modelle zur Planung, Simulation und Optimierung von Energienetzen weiterentwickelt werden. Diese Erweiterung zielt zum einen auf die Berücksichtigung neuer Entwicklungen im Bereich der kommunalen Energieversorgung (z.B. erhöhte Stromeinspeisung aus volatilen Quellen und erhöhter Stromverbrauch durch Einsatz von Strom-Wärmepumpen, Erhöhung der bidirektionalen Stromflüsse), zum anderen auf die Berücksichtigung von Interdependenzen zwischen Netzen unterschiedlicher Medien/ Sparten (Strom-, Gas- und Wärmenetze) und der Anlagen beim Energiekunden. Solche hybriden Netzstrukturen stellen neue Anforderungen an die Planung (Modellierung und Optimierung) und erfordern eine simultane Betrachtung sowohl der dynamischen Erzeugungs- und Nachfragestruktur bei Strom und Wärme im Versorgungsgebiet als auch der Netze selbst. Dabei geht es auch um die Weiterentwicklung von Entscheidungsmodellen und EUS im Bereich der kommunalen Energieversorgung unter Berücksichtigung verschiedener Ansätze zur Prognostik und Szenarioanalyse sowie der Einbeziehung von Entscheidungsträgern.

Prof. Dr. habil. Thomas Göllinger

Tel.: +49 (0)7531 206-704

E-Mail: thomas.goellinger@htwg-konstanz.de

Brennstoffzellenschiff Solgenia mit Drehstromantrieb

Ein Schiff mit optimiertem Rumpf wird mit Brennstoffzelle (BZ), H₂-Speicher, PV-Generator und Batterie ausgerüstet. Die Ergänzung der PV durch den regelbaren Energiewandler BZ benötigt eine optimierte Betriebsführung (Energiemanagement) und gestattet damit hundertprozentig sichere Energieversorgung. Eine Funkverbindung zu einem Server an Land erlaubt die Beobachtung und die Beeinflussung der Anlage sowie die Kopplung mit dem Internet. Die Forschungsthemen umfassen unter anderem: Untersuchung und Anpassung der BZ-Technologie an Wasserfahrzeugen, Optimierung des Energiemanagements („predictive control“), Funkanbindung, Langzeiterprobung, den Vergleich mit Landfahrzeugen. Ergänzend wird hierbei das Planungswerkzeug MODES zur technischen und wirtschaftlichen Simulation integrierter Energiesysteme (Strom und Wärme) eingesetzt.

Prof. Dr.-Ing. Richard Leiner

Tel.: +49 (0)7531 206-244

E-Mail: richard.leiner@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Christian Schaffrin

E-Mail: christian.schaffrin@htwg-konstanz.de

Alterungsprognose und Eigendiagnose bei Magnetaktuatoren - APRODIMA

In dem Projekt geht es um die Realisierung eines interdisziplinären, mechatronisch- informationstechnischen Ansatzes mit dem Ziel, zuverlässige Fehlererkennung und Alterungsprognose von Magnetaktuatoren zu ermöglichen. Hierzu sollen aus dem Verlauf der Messgrößen Spulenstrom und Spannung die benötigten Informationen extrahiert bzw. aufbereitet werden. Die angestrebten Ziele sind dabei zum einen das zuverlässige Erkennen, ob der Aktuator noch gemäß den spezifizierten Anforderungen korrekt arbeitet (Diagnose). Zum anderen ist insbesondere das Ziel, auch Degenerationserscheinungen und deren zeitliche Progression frühzeitig zu erkennen und darauf basierend zu prognostizieren, über welche Restzeitdauer der Aktuator in der Lage sein wird, seine evtl. sicherheitsrelevante Funktion zu erfüllen. Weiter ist es Ziel des Projektes, die untersuchten bzw. entwickelten Methoden so robust zu gestalten, dass bei den Kooperationspartnern die Verfahren möglichst leicht in ihre Produkte einfließen können. Dies erfordert eine hinreichend große Zahl von Versuchskomponenten, die systematisch gealtert werden müssen und ist mit einem erheblichen experimentellen Aufwand verknüpft. Darüber hinaus sollen die Verfahren so flexibel sein, dass sie leicht auf verschiedene magnetische Aktuatoren übertragen werden können. Weiteres Ziel zur möglichst schnellen Verwertung der Ergebnisse ist es, die Algorithmen so auszuprägen, dass sie auf kleinen embedded Plattformen in Echtzeit lauffähig sind.

Prof. Dr.-Ing. Johannes Reuter

Tel.: +49 (0)7531 206-266

E-Mail: johannes.reuter@htwg-konstanz.de

Entwicklung von Impedanzsensorik und der zugehörigen Auswerte-Algorithmen zur Charakterisierung des Verhaltens von Mikroorganismen und des Wachstums von Biofilmen

Ausgehend von dem erfolgreichen Multispecies Freshwater Biomonitor (Umweltsensor: DPMA 202010013088.3), welcher mit Makroorganismen zur Messung von Schadstoffeffekten in Oberflächen und Abwasser eingesetzt wird, strebt das Projekt die Neuentwicklung von Messzellen im mikroskopischen Bereich und das erstmalige Testen von Einzellern, Zelllinien und Biofilmen als Bioindikatoren für die Umweltüberwachung sowie neue Anwendungsfelder, z.B. in Badegewässern und Trinkwasserleitungen. Basierend auf der Erfahrung der 4-polaren Impedanzwandlung (resistive und kapazitive Messelemente) wird die Elektronik neu aufgelegt (rein kapazitiv, miniaturisiert, Energieverbrauch) und die Trennung analoger und digitaler Elektronik mit maximaler digitaler Flexibilität des Parametersettings und neuen Algorithmen vorgenommen. Die Sensitivität der Signalgenerierung und -Auswertung wird gesteigert, um Einzeller und Biofilme zu messen (Microimpedance). Neue Messzellen werden konstruiert, alle Materialien, Gehäuse und Kabel werden wasserdicht und druckbeständig aufgelegt, um eine neue Anwendung im Tiefseebereich zu erlauben.

Prof. Dr.-Ing. Johannes Reuter

Tel.: +49 (0)7531 206-266

E-Mail: johannes.reuter@htwg-konstanz.de

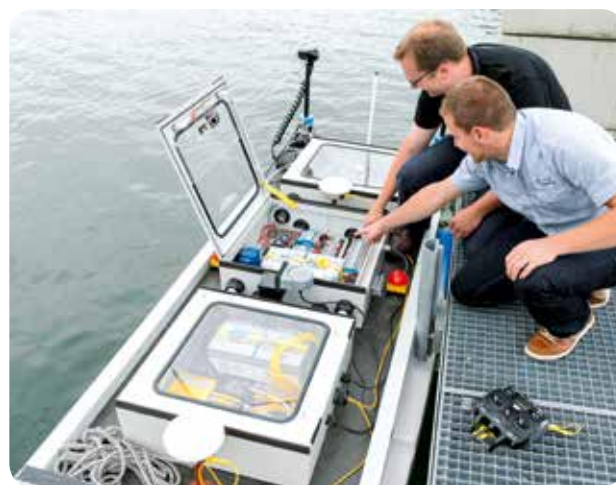
Hochspannungsprüfungen an Systemen und Komponenten der elektrischen Energietechnik

Das Projekt befasst sich mit der Ermittlung von Durchschlagsspannungen bei Wechselspannung und Blitzstoßspannung sowie der Anwendung zerstörungsfreier Diagnostik.

Prof. Dr.-Ing. Gunter Voigt

Tel.: +49 (0)7531 206-510

E-Mail: gunter.voigt@htwg-konstanz.de



Fakultät Informatik

Progress in Graphical Modeling Frameworks – ProGraMoF

Kernziel des Projektes ist die Entwicklung eines MDSD-Rahmenwerkes für graphische Editoren innerhalb von Eclipse. Diese Editoren sollen als Ausgangspunkt für die modellgetriebene Softwareentwicklung genutzt werden können. Die graphischen Editoren können dabei individuell für ein spezifisches Branchen- oder Domänenmodell entwickelt werden und so möglichst präzise auf die Problemdomäne passen. Dafür ist es notwendig, dass die Editoren selbst einfach und schnell zu entwickeln sind, ohne große Erfahrung in der Entwicklung graphischer Werkzeuge. Um dies zu ermöglichen, werden die graphischen Editoren selbst modellgetrieben entwickelt. In einer Reihe hierfür entwickelter Modelle für die Domäne graphischer Editoren werden diese von den Anwendern beschrieben und dann generiert. Dieser Prozess erfordert keine Programmierkenntnisse, ist leicht zu erlernen und dauert nur wenige Stunden oder Tage bis zu einem ausgereiften Ergebnis. Das Projekt wird in enger Kooperation mit Unternehmen und der Universität Bremen durchgeführt.

Prof. Dr.-Ing. Marko Boger

Tel.: +49 (0)7531 206-631

E-Mail: marko.boger@htwg-konstanz.de

Bildererkennung, Automation und Kommunikation

Das Forschungsziel des Labors ist die weitgehende Automatisierung des Designprozesses für künstliche Sehsysteme. Neben den offensichtlichen Vorteilen eines automatisierten Designprozesses liefert dieser Ansatz auch die Grundlage für den Bau von adaptiven Sehsystemen, die sich an wechselnde Eigenschaften des visuellen Inputs anpassen können (z.B. bei wechselnden Wetter- und Sichtbedingungen). Dementsprechend befasst sich das Projekt mit dem Aufbau einer Infrastruktur für rechenintensive Aufgabenstellungen, insbesondere im Bereich maschinelles Lernen und Bildverarbeitung, und eines Labors zur Vermessung und Kalibrierung von Bildsensoren. Die geforderte Rechenleistung wird über ein Clustersystem realisiert, das im Endzustand 96 Prozessoren umfassen soll. Damit lassen sich rechenintensive Aufgaben, wie z.B. das Training von statistischen Klassifikatoren und die Verarbeitung einer großen Menge von Bildern bearbeiten. Die Laborausstattung umfasst eine gekühlte hochauflösende Messkamera zusammen mit einem elektrisch ansteuerbaren Farbfilter, mit dem sich Oberflächen und Szenen multispektral aufnehmen lassen, und einen Messplatz zur Kalibrierung und Vermessung von Kameras für industrielle Projekte und zur Aufnahme von kalibrierten Bilddatenbanken sowie spezielle kalibrierte Farbmonitore zur Farbinspektion.

Prof. Dr.-Ing. Matthias Franz

Tel.: +49 (0)7531 206-651

E-Mail: matthias.franz@htwg-konstanz.de

Inline-Inspektionstechnologie zum Farbabgleich für den digitalen Dekordruck

Das Forschungsziel des Projektes ist die Entwicklung einer neuartigen Inline-Inspektionstechnologie für den digitalen Dekordruck, die die Farbverteilung des gesamten Dekors erfasst und quantifiziert. Insbesondere soll dabei auch die räumliche Farbverteilung vermessen werden und durch geeignete Kennzahlen charakterisiert werden, um die für den Tintenstrahldruck typischen Fehlfunktionen einzelner oder mehrerer Düsen zu detektieren. Damit soll auch weniger gut ausgebildetes Bedienungspersonal in die Lage versetzt werden, anspruchsvolle Dekore mit beliebigen Motiven mit hoher Qualität und Produktivität zu erzeugen, von der Nachbildung natürlicher Texturen wie Holz-, Naturstein- u.ä. bis hin zu synthetischen, künstlerisch gestalteten Abbildungen. Die entwickelten Methoden erlauben darüber hinaus den visuellen Gleichlauf bei räumlich und geographisch verteilten Druckwerken.

Prof. Dr.-Ing. Matthias Franz

Tel.: +49 (0)7531 206-651

E-Mail: matthias.franz@htwg-konstanz.de

Entwicklung einer innovativen Anlagentechnik zur automatisierten und laserbasierten Reparatur strukturierter Formeinsätze – ToolRep

Kunststoffspritzgießen ist eines der wichtigsten Verfahren zur

Serienherstellung von Kunststoffprodukten. Es existiert bislang kein Maschinensystem, welches eine vollständige Prozesskette zur automatisierten Reparatur solcher Spritzgießformen realisiert und auf dieser Basis die geforderten Bearbeitungszeiten und hohe, versatzfreie Strukturqualitäten ermöglicht. Daher wird im Projekt erstmalig eine ganzheitliche, laserbasierte Systemlösung verfolgt, mit der vollautomatisierte Reparaturen von Kunststoffspritzgießformen durchgeführt werden können. Hierfür soll die Prozessabfolge aus Lasertiefgravur, Laserauftragsschweißen und Laserstrukturierung optimal abgestimmt und erstmals hardwaretechnisch in einer hochpräzisen Hybridmaschine abgebildet werden. Primäres Ziel des Teilvorhabens der HTWG Konstanz ist die Entwicklung von Algorithmen zur digitalen Reparatur gescannter Formeinsätze. Das zu entwickelnde Messsystem wird sowohl 2D-Bilddaten als auch 3D-Punktdaten der Oberfläche liefern. Um an die eigentliche Struktur, das dreidimensionale Relief, zu gelangen, muss die Oberflächengeometrie rekonstruiert werden. Die resultierenden Daten sollen zuerst auf Strukturdefekte hin analysiert werden. Über die intuitive Softwarelösung soll der Bediener gefundene Defekte begutachten und Markierungen manuell anpassen können. An markierten Positionen sollen dann anhand gesunder Nachbarstrukturen eine Textursynthese stattfinden. Da es sich bei den Strukturen nicht um klassische zweidimensionale Texturen, sondern dreidimensionale Reliefs handelt, müssen spezielle Algorithmen zur Synthetisierung in 3D entwickelt werden. Die resultierenden defektfreien 3D-Daten werden vom CAD-CAM-Modul zur Bahnplanung eingesetzt. Eine Besonderheit des Projektvorschlages ist der geplante Einsatz von maschinellem Lernen bei der Defektdetektion und der Oberflächenrekonstruktion.

Prof. Dr.-Ing. Matthias Franz

Tel.: +49 (0)7531 206-651

E-Mail: matthias.franz@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Georg Umlauf

Tel.: +49 (0)7531 206-451

E-Mail: georg.umlaut@htwg-konstanz.de

Bernstein-Polynome über Simplexen

Die Bernstein Polynome haben eine Reihe von nützlichen Eigenschaften, die sie zur Lösung von sehr verschiedenartigen Problemen geeignet erscheinen lassen. Bislang wurden in der Literatur als zugrundeliegende Bereiche mehrdimensionale Quader verwendet. Um größere Flexibilität in der dem jeweiligen Problem zugrundeliegenden Geometrie zu erzielen, werden im Projekt Bernstein-Polynome auf Simplexen untersucht. Die Ergebnisse werden zur Konstruktion von Schrankenfunktionen für Relaxationen im Rahmen von branch-and-bound-Verfahren in der globalen Optimierung verwendet.

Prof. Dr. rer. nat. habil. Jürgen Garloff

Tel.: +49 (0)7531 206-406

E-Mail: juergen.garloff@htwg-konstanz.de

Globale polynomiale Optimierung bei Unsicherheit

Es werden (un)restringierte globale Optimierungsaufgaben behandelt, bei denen die Zielfunktion (und die Restriktionen) durch Polynome/rationale Funktionen in mehreren Variablen beschrieben werden. Dazu wird die Darstellung eines Polynoms in der Bernstein-Basis verwendet. Besonderes Gewicht wird auf die Entwicklung von Optimalitätskriterien und die Berücksichtigung von Ungenauigkeiten in den Anfangsdaten gelegt.

Prof. Dr. rer. nat. habil. Jürgen Garloff

Tel.: +49 (0)7531 206-406

E-Mail: juergen.garloff@htwg-konstanz.de

Invarianz von Zeichenregularität

Funktionssysteme, deren Kollokationsmatrizen zeichenregulär sind, haben eine Reihe von nützlichen Eigenschaften, die insbesondere im CAGD von großem Vorteil sind. Dabei heißt eine Matrix zeichenregulär, wenn ihre sämtlichen Minoren einer jeden gewählten Ordnung ein bestimmtes Vorzeichen besitzen oder verschwinden. Im Projekt wird u. a. untersucht, wie groß Störungen in den einzelnen Koeffizienten dieser Matrizen sein dürfen, damit die gewünschten Eigenschaften erhalten bleiben.

Prof. Dr. rer. nat. habil. Jürgen Garloff

Tel.: +49 (0)7531 206-406

E-Mail: juergen.garloff@htwg-konstanz.de

Seerhein-Lab

Das Seerhein-Lab ist ein Ort für angewandte Forschung in der Informatik. Hier werden Projekte durchgeführt, die einerseits praxisrelevant und andererseits wissenschaftlich interessant sind. Das Seerhein-Lab ist eine Kooperation der Hochschule Konstanz und der Firma SEITENBAU-GmbH.

Prof. Dr.-Ing. Oliver Haase

Tel.: +49 (0)7531 206-112

E-Mail: oliver.haase@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Wäsch

Tel.: +49 (0)7531 206-502

E-Mail: juergen.waesch@htwg-konstanz.de

Entwicklung von Instrumenten und Werkzeugen für ein agiles und dezentrales Architekturmanagement – ADAM

Das Fundament des Projekts ADAM wird durch drei aktuelle Trends in den Unternehmen und in der anwendungsbezogenen Forschung gebildet: die wachsende Dynamik, die steigende Dezentralisierung der IT sowie die Notwendigkeit eines zielgerichteten Managements der Unternehmensarchitekturen. Die Unternehmen sehen sich schon seit längerer Zeit an ihren Märkten einer wachsenden Dynamik ausgesetzt; dies erfordert agile und flexibel anpassbare Geschäftsprozesse. In den letzten Jahren hat sich zudem eine immer tiefer gehende Durchdringung dieser Prozesse mit Informationstechnologie bemerkbar gemacht.

Schließlich ist auch durch die steigende Anzahl der sogenannten Digital Natives eine veränderte Grundhaltung der Benutzer zur IT erkennbar. Diese Trends der umfassenden Durchdringung und der veränderten Haltung zu Technologie führen dazu, dass die benötigten IT-Services kaum noch vollständig zentral durch eine spezialisierte IT-Abteilung zu erbringen sind. Im Hinblick auf das Management der IT ist allgemein anerkannt, dass insbesondere das Management der Unternehmensarchitekturen einen zentralen Erfolgsfaktor für den effizienten und effektiven Einsatz der Informationstechnologie im Unternehmen darstellt. Insgesamt steigt also die Notwendigkeit, ein in den Fachbereichen verankertes und auch dynamisches Management der Unternehmensarchitektur zu schaffen. Aufbauend auf den Ergebnissen der Projekte „Schatten-IT“ und „BPM@Cloud“ sollen im Rahmen des hier beantragten Projektes ADAM Instrumente und Werkzeuge für ein agiles und dezentrales Architekturmanagement entwickelt werden. Ziel des Projektes ist es, einerseits eine Definition der notwendigen Prozesse und Anforderungen zu erarbeiten und diese andererseits auch in einem konkreten System umzusetzen. Dabei ist das Projekt durch eine konsequente Umsetzung des agilen Ansatzes geprägt. Die Ergebnisse des Projektes sollen dabei laufend und in einer abschließenden Fallstudie überprüft werden.

Prof. Dr. Marco Mevius

Tel.: +49 (0)7531 206-515

E-Mail: marco.mevius@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Christopher Rentrop

Tel.: +49(0)7531 206-499

E-Mail: christopher.rentrop@htwg-konstanz.de

Analyse biometrischer Parameter zur Erkennung von Beziehungen zwischen Stress und Schlafqualität (AnBiPa)

One goal of the collaboration is to detect and analyze a relationship between stress and healthy sleep. Individual stress as well as frequent sleep disorder seems to be related with chronicle diseases like diabetes, cerebrovascular disease or other psychiatric illnesses. However, most studies depend on questionnaire response and lack to capture (mobile) data over a long period including day and night. Besides capturing a huge amount of data, it needs to be interpreted and compared to patterns suited to detect stress and sleep quality in real-time. A second goal is to derive individual recommendations to improve a health life. Therefore, it is planned to detect a relationship between stress and sleep quality, which is not available on base of a data capturing model proposed for individual and personalized analysis. This model will be used to derive and propose behavioral changes. The effectiveness can be checked with the help of the system proposed here. The approach will investigate also the level of intrusive measurements (if any) necessary, the amount of parallel data streams required and the possibility to base a detection, analysis and recommendation purely on non-intrusive sensors. A third goal is the development

of models, systems, technology and services for Ambient Intelligence and Ambient Assisted Living to improve the quality of life, especially for people with „fragility“ to obtain an active longevity.

Prof. Dr. Ralf Seepold

Tel.: +49 (0)7531 206-633

E-Mail: ralf.seepold@htwg-konstanz.de

PredTour – Predicting Tourism Movements

Die zeitliche und räumliche Konzentration von Touristenströmen belastet – insbesondere in den Sommerferien – touristische Infrastrukturen in der Bodenseeregion. Verschärfend hinzu kommt der ganzjährige Schweizer Shoppingtourismus. Das Projekt PredTour (Predicting Tourism Movements) soll die Besucherströme erfassen und lokale Verhaltenstendenzen voraussagen. Damit greift es ein spezifisches Problem der Bodenseeregion auf, deren touristische und verkehrstechnische Infrastrukturen durch (überwiegend deutschen) Erholungs- und dem Schweizer Shoppingtourismus doppelt belastet sind. Ziel des Projekts ist die Nutzung der vorhandenen Infrastruktur und die beiden Personenströme (Touristen/Einkaufende) besser in Einklang zu bringen. Zur Umsetzung werden zwei Teilziele verfolgt: (1) Die Erfassung der beiden heterogenen Ströme (technisch und inhaltlich), (2) die Vorhersage der infrastrukturellen Belastung sowie Vorschläge zur Nutzungsoptimierung unter Beachtung individueller Randbedingungen. Die Ergebnisse tragen dazu bei, spezifische Gegebenheiten im IBH-Raum länderübergreifend und nachhaltig zu verbessern, den Wirtschaftsraum zu stärken sowie ein längerfristiges Entwicklungspotential bereitzustellen. Die technische Basis des Projekts basiert auf dem Einsatz moderner Technologien sowie auf methodischen Ansätze zum Clustern, Empfehlen, Klassifizieren und Vorhersagen von Bewegungsmustern bzw. Besucherströme, wie sie auch in der Industrie verwendet werden. Ein Kernpunkt der Datenerhebung besteht dabei darauf, den Initiativaufwand des Nutzers soweit es geht zu minimieren und stattdessen mit intelligenten Algorithmen den Ausgleich fehlenden Inputs zu erreichen.

Prof. Dr. Ralf Seepold

Tel.: +49 (0)7531 206-633

E-Mail: ralf.seepold@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Tatjana Thimm

Tel.: +49 (0)7531 206-145

E-Mail: tatjana.thimm@htwg-konstanz.de

SmartSleep

Schlafstörungen sind weit verbreitet und gehen häufig mit chronischen Gesundheitsproblemen wie Diabetes und Bluthochdruck sowie kardiovaskulären und psychiatrischen Erkrankungen (z.B. Depression) einher. Schlafapnoe, eine Schlafstörung, die durch häufige, kurze Unterbrechungen der Atmung während des Schlafes gekennzeichnet ist, betrifft beispielsweise über 4% der Männer und ca. 2% der Frauen mittleren Alters. Die meisten Studien zu Schlafstörungen beruhen auf Fragebogenuntersuchungen zu

Schlaf- und Lebensgewohnheiten, Aktigraphie sowie Polysomnographie-Messungen im Schlaflabor. Neuere Entwicklungen wie z.B. Smart Watches im mobile Health-Bereich eröffnen die Möglichkeit, Schlafmuster mobil und auch tagsüber über einen längeren Zeitraum zu überwachen und den Arzt bei der Diagnose zu unterstützen (z.B. das Projekt der Fraunhofer IGD zu Schlafanalyse). Telemedizinische Geräte ermöglichen es außerdem, die Behandlung von Schlafstörungen zu überwachen. Am Kantonsspital St. Gallen wird derzeit eine Studie durchgeführt, um den Nutzen einer telemedizinischen Beobachtung der Behandlung von Schlafapnoe zu prüfen. Ferner erlaubt der Einsatz von Bewegungssensoren (Aktigraphie) die genaue Erfassung von Schlaf-Wach-Zeiten. Ziel unseres Projekts ist es, durch den Einsatz mobiler Sensoren mehr Parameter als nur Bewegung über einen längeren Zeitraum als in klinischen Studien üblich sowohl tagsüber als auch in der Nacht zu erfassen.

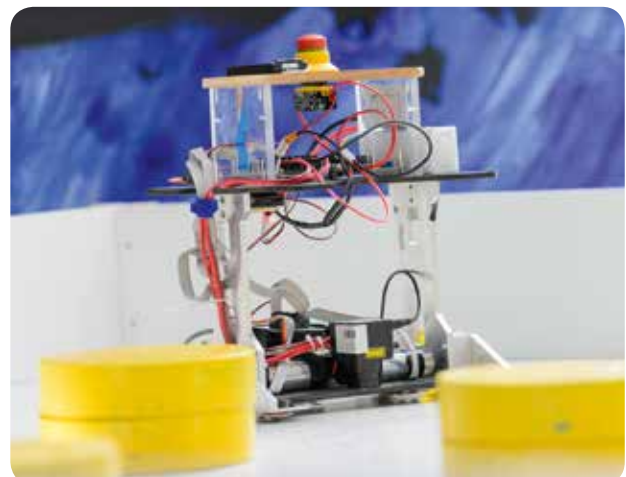
Prof. Dr. Ralf Seepold

Tel.: +49 (0)7531 206-633

E-Mail: ralf.seepold@htwg-konstanz.de

Testdaten-Modellierung und Testdaten-Generierung

Softwaretests sind ein wichtiger Baustein für die Qualitätssicherung von Softwareprojekten. Für Tests von Datenbankbasierten Anwendungen müssen u.a. Testdaten für die Datenbank spezifiziert werden, auf deren Basis das Verhalten der zu testenden Software geprüft werden kann. Die Spezifikation dieser Testdaten ist leider bisher sehr umfangreich und komplex und somit aufwändig und fehleranfällig. Die Komplexität ergibt sich v.a. aus der Beschreibung der Beziehungen zwischen den einzelnen Entitäten. Diese unterliegen einer Menge komplexer fachlicher Regeln, die sich aus dem Domänen-Modell und der Geschäftslogik der Anwendung ergeben. Übergreifendes Ziel des Projektes ist es, die Spezifikation von Testdaten für Datenbankbasierte Anwendungen zu vereinfachen. Hierzu wurde zum einen eine geeignete domänenspezifische Sprache (DSL) für Testdaten entwickelt. Zum anderen wurde eine erste Version eines Generators zur automatischen Erzeugung von Testdaten implementiert, in-



klusive Tools zur Extraktion des Modells aus einer Datenbank und zum Editieren des Modells. Im weiteren Projektverlauf sollen Verallgemeinerungen sowie Erweiterungen und Verbesserungen des Algorithmus zur Testdatengenerierung und dem unterstützenden Toolset konzipiert werden (z.B. unter Berücksichtigung verschiedener Arten von Abhängigkeiten und Constraints).

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Wäsch

Tel.: +49 (0)7531 206-502

E-Mail: juergen.waesch@htwg-konstanz.de

Fakultät Maschinenbau

Community of Practice for Strategic Management Architectures

Die Community of Practice for Strategic Management Architectures hat zum Ziel, das Verständnis sowie Methoden und Systeme für dynamisches strategisches Management und Führung substantiell und anwendungsorientiert weiterzuentwickeln. Als geschäfts- und anwendungsorientierte Plattform wird CoPS durch Experten und Organisationen aus Industrie und Wissenschaft finanziell und aktiv unterstützt. CoPS folgt der Zielsetzung, die Forschungsergebnisse in der Community der „strategic manager“ zu verbreiten und so eine aktive Austauschplattform für diese zu werden. Zu diesem Zwecke wird die Projektarbeit von CoPS durch die regelmäßige Dialogveranstaltung „Strategic Management Perspectives“ ergänzt.

Prof. Dr.-Ing. Guido Baltes

Tel.: +49 (0)7531 206-310

E-Mail: guido.baltes@htwg-konstanz.de

Entwicklung einer modularen Methodik und Lösung zur Implementierung transformationeller Innovationsinitiativen in Technologieunternehmen durch Excubation teilautonomer Unternehmerteams

Baden-Württemberg ist ein führender Technologiestandort in Europa und geprägt durch hoch spezialisierte Technologieunternehmen, die in ihrem jeweiligen Marktsegment oft weltweit führend sind. Die Dynamik ihrer global vernetzten Technologiemärkte fordert von diesen Technologieunternehmen, bestehende Geschäfte effizient zu optimieren und gleichzeitig transformationelle Innovationen umzusetzen. Nur wenn dieses gelingt, bleibt Wettbewerbsfähigkeit nachhaltig erhalten. Gelingt dies nicht, kann die Dynamik im Wettbewerbsumfeld schnell existenzgefährdend werden. Unter den größten Technologieunternehmen Baden-Württembergs zeigt Heidelberger Druck beispielhaft diese existenzgefährdende Entwicklung. Andere große Technologieunternehmen in Baden-Württemberg wie SAP oder Bosch dagegen scheinen hier erfolgreicher zu bestehen. Eine Ursache für diese unterschiedliche Fähigkeit zur Anpassung an den dynamischen Innovationswettbewerb („dynamic capabilities“) liegt darin, dass es erfolgreich etablierten Technologieunternehmen mitunter

schwer fällt, transformationelle Innovationen („Game-Changing-Business“) erfolgreich im Geschäft umzusetzen. Ziel dieser Forschungsinitiative ist es daher, Technologieunternehmen in Baden-Württemberg in ihrer Wettbewerbsfähigkeit durch ein effektives Konzept für die Implementierung transformationeller Innovationsinitiativen zu stärken. Die angestrebte Lösung baut die Fähigkeiten zur strategischen Anpassung aus, insbesondere Fähigkeiten, parallel zum etablierten, effizienten Geschäft transformationelle Geschäftsfelder zu implementieren (Organisationale Ambidextrie). Dazu werden eine effektive Organisationsstruktur, die Exkubation teil-autonomer Unternehmer-Teams, vorgeschlagen, die die Effizienz der eingesetzten Ressourcen und das Risiko-Profil in frühen Phasen der Entwicklung transformationeller Innovationsinitiativen verbessert. Damit adressiert diese Forschungsinitiative gezielt Hemmnisse zur Umsetzung organisationaler Ambidextrie in Technologieunternehmen.

Prof. Dr.-Ing. Guido Baltes

Tel.: +49 (0)7531 206-310

E-Mail: guido.baltes@htwg-konstanz.de

The Effectiveness of Business Coaching for Technology-Based, Early-Stage Start-Ups in Increasing Survival and Performance

This project aims testing the effectiveness of business coaching as a support intervention for early-stage technology-based ventures in a randomized controlled trial (RCT) on a large scale sample of about 450 venture teams being recruited over a period of three years in one of EU's most innovative regions, the regional state of Baden-Württemberg in Germany. For the RCT, a significantly co-funded research team as well as a committed program partner is available. This program partner, bwcon, is one of Europe's most successful technology networks operating as a virtual incubator, largely covering the technology based venture activities in the region. The project strives to address a research gap rendered by business coaching being accepted as important support intervention for venture teams while yet little research has been conducted to identify causal effects. These findings would not only push the scientific discussion on entrepreneurial support but also help entrepreneurship programs and accelerators to guide coaching activities. This would increase efficiency and effectiveness of the support intervention. To test the research hypothesis, 450 venture teams will be assigned to a control group that receives no coaching, and two treatment groups that receive coaching support following a different focus and target.

Prof. Dr.-Ing. Guido Baltes

Tel.: +49 (0)7531 206-310

E-Mail: guido.baltes@htwg-konstanz.de

Thematische Studie in englischer Sprache zum Nutzen bestehender Finanzierungsinstrumente in Baden-Württemberg für „grüne“ Start-Ups und KMU

Im Rahmen des Projekts FIDIAS werden mehrere Machbarkeits-

studien durchgeführt, die untersuchen, ob in den Regionen des Alpenraums sogenannte „Green SME Funds“ eingeführt werden sollten. Diese Fonds dienen zur Finanzierung innovativer Start-ups und kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) aus den Bereichen Umwelttechnologie und Eco-Innovation. Es sind insgesamt 5 Machbarkeitsstudien für die Alpenraum-Regionen Lombardei (Italien), Rhône-Alpes und Provence-Alpes-Côte d’Azur (Frankreich) sowie für Österreich und Slowenien vorgesehen. Diese sechste Studie für das Land Baden-Württemberg nimmt inhaltlich eine besondere Stellung ein, da das Land bereits über mehrere innovative Finanzierungsinstrumente verfügt und im August 2014 einen Risikokapitalfonds für die Finanzierung von Hightech-Gründungen eingerichtet hat. Da es im Gegensatz zu den anderen Regionen bereits einen Risikokapitalfonds gibt, ist es nicht mehr notwendig, eine Machbarkeitsstudie zum Thema durchzuführen. Stattdessen soll der Nutzen der bereits bestehenden Finanzierungsinstrumente – insbesondere im Bereich Beteiligungskapital – für Green-Tech Start-ups und KMU in den Fokus genommen werden. Fragestellung der thematischen Studie: Welchen Nutzen haben die bestehenden Finanzierungsinstrumente im Bereich Risikokapital und insbesondere die Fonds des Landes Baden-Württemberg für Start-ups und KMU aus den Bereichen Umwelttechnik und Eco-Innovation? Werden Green-Tech Unternehmen angemessen adressiert? Welche Hilfestellung gibt es für „grüne“ Unternehmen auf der Suche nach Beteiligungskapital? Welche Aspekte der bestehenden Finanzierungsinstrumente können verbessert werden, um Green-Tech Unternehmen besser einzubinden? Wie kann der sogenannte Deal-Flow in den Bereichen Umwelttechnik und Eco-Innovation verbessert werden? Macht eine Aufstockung der Fonds durch EFRE-Mittel der EU Sinn?

Prof. Dr.-Ing. Guido Baltes

Tel.: +49 (0)7531 206-310

E-Mail: guido.baltes@htwg-konstanz.de

ADAPSEC – Innovativer Personenschutz durch adaptive Sicherheitssysteme in Kraftfahrzeugen

Das Kooperationsprojekt beabsichtigt, das Potential für die Anwendung von Formgedächtnislegierungen (FGL) für die Produktbereiche Airbag und Gurtsysteme auszuloten und technologisch weiterzuentwickeln, um die Anforderung aus der Praxis abdecken zu können. Konkret sollen die Möglichkeiten für den Einsatz von FGL für adaptiv arbeitende Sicherheitssysteme aufgezeigt werden, wobei neben der thermischen Aktivierung von FGL auch der mechanische Formgedächtniseffekt zum Einsatz kommen soll, der beispielsweise durch seine superelastischen Eigenschaften als Dämpfungselement oder zur Kraftbegrenzung eingesetzt werden könnte.

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: paul.guempel@htwg-konstanz.de

AREWESI – Anwendungsorientierte Reibungs- und Verschleißanalyse für geplante Werkstoffsysteme in Verzahnungen mittels Simulationsprüfung auf einem Zweischeibentribometer

Nach dem aktuellen Stand der Technik werden Zweischeibentribometer (ZST) hauptsächlich für Grundlagenversuche und für entwicklungsbegleitende Versuche (Vergleich von Materialpaarungen, Simulationsprüfung) verwendet. Ziel des Vorhabens ist es, mittels eines neu entwickelten adaptiven Zweischeibentribometers Verschleiß- und Reibungsdaten zur Auslegung von Verzahnungen zu ermitteln und ein Verfahren zum Übertrag der gewonnenen Daten in die Verzahnungsauslegung zu etablieren. Auf der Basis der im geplanten Vorhaben erzielten Ergebnisse sollte es möglich sein, durch die Anpassung der Prüfabläufe auf dem ZST, noch vor der Durchführung von Bauteilversuchen, aussagekräftige Daten zum Verschleißverhalten von Zahnflankenkontakten geplanter Getriebe zu erhalten. Somit ist eine ressourcenschonende Optimierung des industriellen Entwicklungsprozesses im Bereich der Zahnradgetriebeentwicklung möglich.

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: paul.guempel@htwg-konstanz.de

Prof. Dr.-Ing. Carsten Manz

Tel.: +49(0)7531 206-111

E-Mail: carsten.manz@htwg-konstanz.de

Entwicklung eines umweltfreundlichen Verfahrens zum Passivieren von Edelstahl zur Verbesserung des Korrosionsschutzes

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Verfahrens zur Erhöhung des Korrosionsschutzes von Edelstählen, die z.B. in der Luftfahrtindustrie, der Medizintechnik oder in der Lebensmittelindustrie eingesetzt werden. Das Verfahren soll eine derartige Verbesserung des Korrosionsschutzes bewirken, dass Edelstähle eingesetzt werden können, die zwei bis drei Legierungsstufen unter den beim Stand der Technik eingesetzten Edelstahlsorten liegen. Hieraus ergeben sich erhebliche wirtschaftliche Vorteile. Des Weiteren sollen aggressive Passivierungslösungen, wie Salpetersäure und/oder chromathaltige Lösungen, durch eine ungiftige und biologisch vollständig abbaubare Passivierungslösung ersetzt werden.

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: paul.guempel@htwg-konstanz.de

Entwicklung eines Verfahrens zur pulvermetallurgischen Herstellung von Bauteilen aus 1.4462 – AISI 318LN mit großen Waddicken und homogenem Gefüge

In dem Forschungsprojekt wird ein neuartiges pulvermetallurgisches Herstellungsverfahren für Strukturbauteile aus Duplexstahl mit großen Waddicken und gleichzeitig homogenem

Gefüge entwickelt. Die Bauteile sollen über das heißisostatische Pressverfahren (HIP) gefertigt werden, wobei die Besonderheit darin besteht, dass keine nachfolgende Wärmebehandlung in einem gesonderten Ofen notwendig ist. Die Wärmebehandlung zur Einstellung des Gefüges der Bauteile soll erstmals in die HIP-Anlage integriert werden, um so eine prozesssichere Fertigung zu ermöglichen. Mit dem neuen Verfahren wird es möglich sein, hochbeanspruchte Bauteile z. B. für den Offshore-Bereich wirtschaftlich herzustellen. Die Hochschule Konstanz führt im Teilprojekt die Entwicklung von Verfahrensparametern zur Reduktion von Ausscheidungen bei der Fertigung dickwandiger Bauteile mittels heißisostatischem Pressen aus rostfreiem Duplexstahl und Untersuchung von Probekörpern aus.

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: paul.guempel@htwg-konstanz.de

KORRAGO – Korrosionsverhalten von metallischen Oberflächen bei Abgasbeanspruchung

Das Projekt beinhaltet die Entwicklung einer geeigneten Prüfmethode für die Bestimmung des Korrosionsverhaltens von metallischen Oberflächen bei einer simulierten Abgasbeanspruchung.

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: paul.guempel@htwg-konstanz.de

Schadensfallanalysen und Werkstofftechnik

Neben Schadensfallanalysen an metallischen Bauteilen werden Dienstleistungen auf dem Gebiet der Werkstoffprüfung und Beratungsleistungen in werkstoffkundlichen Fragen erbracht. Daneben werden Problemstellungen der metallverarbeitenden Industrie in Forschungsaufträgen bearbeitet. Speziell für die stahlverarbeitende Industrie kann auf ein breites Erfahrungspotential zurückgegriffen werden. Weiterhin werden Korrosionsuntersuchungen und Versuche zum tribologischen Verhalten von Werkstoffen durchgeführt.

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: paul.guempel@htwg-konstanz.de

SYSTAEM – Systemanalytik Werkstoffkunde durch Elektronenmikroskopie

In dem Investitionsprojekt wird ein mit neuesten wissenschaftlichen Analysemethoden ausgestattetes Rasterelektronenmikroskop mit Feldemissionsgerät mit Niederdruckmodus beschafft, um auch organische Substanzen zu untersuchen. Mittels EBSD (Electron back scatter diffraction) soll die kristallografische Orientierung von Kristallen an der Objektoberfläche bestimmt werden. Hierdurch wird es möglich, die Bildung von Umformmartensit bei der Umformung/Bearbeitung von Oberflächen zu verfolgen. Weitere Ausstattungsmerkmale sind eine energiedispersive Röntgenanalytik, ein leistungsfähiger Rückstreuelek-

tronendetektor sowie ein Manipulator zum Aufbringen einer Spannung/Verformung auf eine Oberfläche. Mit diesem Hochleistungs-REM wird die Analysegenauigkeit bei fast allen laufenden Projekten erhöht, und es werden neue Prüfmöglichkeiten geschaffen.

Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Paul Gümpel

Tel.: +49 (0)7531 206-316

E-Mail: paul.guempel@htwg-konstanz.de

RELOAD Verringerung von Nachernteverlusten – Wertschöpfung in ostafrikanischen Nahrungsversorgungsketten

Ziel des Projektes ist es, durch die Verringerung von Nachernteverlusten zur Ernährungssicherung in Ostafrika beizutragen. Dies wird durch eine optimierte Logistik und Forschung zu technologischen, produkt-spezifischen und sozioökonomischen Optionen entlang der Wertschöpfungsketten erreicht. Gewonnene Erkenntnisse werden von KMU möglichst nah bei den Produzenten umgesetzt. So können Arbeitsplätze geschaffen und Einkommen generiert werden. Durch Grundlagenuntersuchungen sollen die maßgeblichen Einflussfaktoren auf die Produktqualität, deren Interaktionen sowie deren Einfluss auf die optimalen Lagerungsbedingungen bestimmt werden. Weiterhin sollen Schädigungsdiagramme, als Hilfsmittel zur optimalen Einstellung der Prozessparameter, erstellt werden. Dazu werden Untersuchungen zum Trocknungsverhalten, zum Lagerverhalten und den dabei ablaufenden, wichtigsten Qualitätsveränderungen durchgeführt. Das Projekt ist ein Kooperationsprojekt unter Federführung der Universität Kassel.

Prof. Dr.-Ing. Werner Hofacker

Tel.: +49 (0)7531 206-593

E-Mail: werner.hofacker@htwg-konstanz.de

Eco Car Konstanz – ECON

ECON ist eine studentische Initiative der Hochschule Konstanz, die das Ziel verfolgt, ein sparsames, ökologisches Fahrzeug mit großem „Spaßfaktor“ zu entwickeln und zu bauen. Dabei kommt es den Teilnehmern ebenso auf den damit verbundenen Lerneffekt, wie auf den abschließenden Bau des Fahrzeugs an. Das Fahrzeug hat im Jahr 2011 an der Challenge Bibendum, einem Wettbewerb für nachhaltige Mobilität, teilgenommen.

Prof. Dr.-Ing. Burkhard Lege

Tel.: +49 (0)7531 206-309

E-Mail: burkhard.lege@htwg-konstanz.de

Bodensee-Racing-Team: Formula-Student-Rennwagen

Studenten bauen in Teamarbeit einen einsitzigen Formelrennwagen, um damit bei einem Wettbewerb gegen Teams aus der ganzen Welt anzutreten. Bei der Formula Student gewinnt aber nicht einfach das schnellste Auto, sondern das Team mit dem besten Gesamtpaket aus Konstruktion und Rennperformance, Finanzplanung und Verkaufsargumenten. Der Anspruch der

Formula Student ist die Ergänzung des Studiums um intensive Erfahrungen mit Konstruktion und Fertigung sowie mit den wirtschaftlichen Aspekten des Automobilbaus. Im Sinne dieser Zielsetzung sollen die Studenten annehmen, eine Produktionsfirma habe sie engagiert, um einen Prototypen zur Evaluation herzustellen. Zielgruppe ist der nicht-professionelle Wochenendrennfahrer. Dazu muss der Rennwagen beispielsweise sehr gute Fahreigenschaften hinsichtlich Beschleunigung, Bremskraft und Handling aufweisen. Der Monoposto soll wenig kosten, zuverlässig und einfach zu betreiben sein. Zusätzlich wird sein Marktwert durch andere Faktoren wie Ästhetik, Komfort und den Einsatz üblicher Serienteile gesteigert. Die Herausforderung für die Teams besteht darin, einen Prototypen zu konstruieren und zu bauen, der diesen Anforderungen am besten entspricht. Zur Ermittlung des besten Fahrzeugs bewertet zum einen eine Jury aus Experten der Motorsport-, Automobil- und Zulieferindustrie jede Konstruktion, jeden Kostenplan und jede Verkaufspräsentation im Vergleich zu den konkurrierenden Teams. Zum anderen beweisen die Studenten auf der Rennstrecke in verschiedenen Disziplinen, wie sich ihre selbstgebauten Boliden in der Praxis bewähren.

Prof. Dr.-Ing. Andreas Lohmberg

Tel.: +49 (0)7531 206-229

E-Mail: andreas.lohmberg@htwg-konstanz.de

Strömungsanalysen

Markteinführungsstudie eines Absauggeräts mit verschiedenen Aufstellungsvarianten in realitätsnaher Umgebung. Erstellung eines Berichtes über die Strömungsanalyse bei verschiedenen Aufstellungsarten.

Prof. Dr.-Ing. Andreas Lohmberg

Tel.: +49 (0)7531 206-229

E-Mail: andreas.lohmberg@htwg-konstanz.de

Innovationsportal als strukturbildende Maßnahme zur Unterstützung von Wissenstransfer und Innovationsvorhaben durch Nutzung von IBH-Kompetenzfeldern — INVISTA-WTI

Entwicklung eines Portals für grenzüberschreitenden Wissens- und Technologietransfer auf Basis der IBH-Kompetenzfelder.

Prof. Dr.-Ing. Carsten Manz

Tel.: +49 (0)7531 206-111

E-Mail: carsten.manz@htwg-konstanz.de

Lawinenrettung

Der Zweck des Rettungsgeräts definiert sich durch die Steigerung der Überlebenschancen von Wintersportlern im Falle eines Lawinenabgangs. Die Innovation grenzt sich von bisherigen Systemen durch den kombinierten Einsatz von drei Rettungsmodulen ab, welche simultan vom Nutzer aktiviert werden.

Prof. Dr.-Ing. Carsten Manz

Tel.: +49 (0)7531 206-111

E-Mail: carsten.manz@htwg-konstanz.de

Schädigung von Kunststoffen in der Plastifiziereinheit einer Spritzgussmaschine in Abhängigkeit des Rohmaterialfeuchtegehalts

Aufbau versuchstechnischer Infrastruktur zur Ermittlung des Antriebsmoments an einer Spritzgießmaschine zur Bestimmung des Einflusses unterschiedlicher Trocknungsgrade von ausgesuchten Thermoplasten, Entwicklung und Fertigung eines dafür geeigneten Spritzgießwerkzeuges mit anschließender Versuchsdurchführung und einer Ableitung von Handlungsempfehlungen zur Materialaufbereitung im Vorfeld einer Spritzgussanwendung.

Prof. Dr.-Ing. Carsten Manz

Tel.: +49 (0)7531 206-111

E-Mail: carsten.manz@htwg-konstanz.de

Kollaborierender Mehrachs-Leichtbau-Roboter zur Anwendung in der Lehre und für Handhabungsprozesse in KMU (MR-HORST)

Ziel ist die Entwicklung, Produktion, Vermarktung und der Verkauf von kollaborierenden Mehrachs-Leichtbau-Robotern (MLR), die auf einem innovativen und patentierten Knickarm-Roboter-Konzept basieren. Durch das neuartige Konzept können die Roboter besonders kostengünstig produziert werden. Die mechanischen und elektrotechnischen Neuerungen werden durch eine intuitiv bedienbare Software ergänzt. Der bestehende Prototyp soll innerhalb des EXIST-Förderzeitraums zu einem marktreifen und verkaufsfertigen Produkt entwickelt werden. Dies soll unter anderem durch technische Entwicklungsschritte am Produkt sowie durch das Aufbauen einer nachhaltigen Lieferanten- und Fertigungskette erreicht werden. Durch eine gezielte Marketing- und Vertriebsstrategie sollen die geplanten Absatzziele erreicht werden. Der sukzessive Markteintritt erfolgt in zwei Schritten: Zunächst durch den Vertrieb einer Schulungsversion des MLR (Produktbezeichnung HORST1e, Highly-Optimized-Robotic-Systems-Technology, education). Im folgenden Geschäftsjahr ist die Einführung einer den Industriestandards entsprechenden Variante (HORST1) geplant. Das Produktportfolio soll schließlich im Laufe der Zeit durch größere und/oder spezialisierte Robotervarianten ergänzt werden. Die Kundengruppe für die Schulungsvariante ist durch Ausbildungsbetriebe und Bildungseinrichtungen klar definiert und gemäß Umfrageergebnissen stark an der Einführung des kostengünstigen MLR interessiert. Bei der ersten Industrievariante HORST1 liegt der Fokus auf kleinen und mittleren Unternehmen, wobei gemäß Marktanalyse auf passende Branchen und Anwendungsgebiete mit besonders hohem Absatzpotential abgezielt wird. Durch das schrittweise Vorgehen bei der Markteinführung und das geschützte Konzept soll sich das Vorhaben nachhaltig am Markt etablieren.

Prof. Dr.-Ing. Philipp Steibler

Tel.: +49 (0)7531 206-727

E-Mail: philipp.steibler@htwg-konstanz.de



Fakultät Wirtschafts-, Kultur- und Rechtswissenschaften

Management, Kultur und Kommunikation im internationalen Wirtschaftsleben

Grenzüberschreitende Kommunikations- und Kooperationsprozesse in der Wirtschaft sind Gegenstand dieses Projektes. Ziele eines der Teilprojekte sind erstens Erkenntnisse über die Form und insbesondere über die von Beteiligten und Beobachtern wahrgenommenen Schwierigkeiten der Interaktion in der Wirtschaft zu gewinnen; und zweitens rezipierte, teilweise nicht ausreichend kritisch tradierte Einsichten und Ansichten über die Interaktion im internationalen Wirtschaftsleben kritisch zu überprüfen. Ein weiteres Teilprojekt beschäftigt sich mit den Auswirkungen von grenzüberschreitenden Fusionen auf Kommunikations- und Kooperationsprozesse. Es untersucht die Managementkommunikation auf den höchsten Führungsebenen zwischen einem nordamerikanischen Konzern und einer deutschen Tochtergesellschaft und zwischen derselben deutschen Firma und einer französischen Schwestergesellschaft. Dabei wird eine Vielzahl an Daten über die Sprache, Form, Medium, Funktion und Schwierigkeiten aus deutscher Sicht der erlebten Kommunikation erhoben. Auf dieser Grundlage werden Konzepte zur Optimierung der Kommunikation und Kooperation entwickelt.

Prof. Peter Franklin

Tel.: +49 (0)7531 206-396

E-Mail: peter.franklin@htwg-konstanz.de

Tagung Dialogin

„Dialogin“ – The Delta Intercultural Academy versteht sich als globale Wissens- und Lerngemeinschaft zu den Themen Kultur, Kommunikation und Management im internationalen Kontext. Ziel ist, Aufmerksamkeit für dieses Themenfeld zu schaffen, den aktuellen Stand der Forschung für Wissenschaft sowie Praxis aufzubereiten und zu kommunizieren, ein Netzwerk für Inter-

essierte zu schaffen und zur Verbesserung der Kompetenzen in Sachen Kommunikation und Kooperation im internationalen Management beizutragen. Dies geschieht u.a. über Foren, Publikationen und die jährliche Konferenz des Netzwerks.

Prof. Peter Franklin

Tel.: +49 (0)7531 206-396

E-Mail: peter.franklin@htwg-konstanz.de

Center for Business Compliance & Integrity

Das im Mai 2013 gegründete Center for Business Compliance & Integrity (CBCI) ist eine privatwirtschaftlich geförderte Forschungs- und Entwicklungskooperation der HTWG Konstanz und COMFORMIS, einem Compliance-Dienstleister für den Mittelstand. Das organisatorisch am Konstanz Institut für Corporate Governance (KICG) angesiedelte CBCI ist auf den Gebieten Corporate Compliance, Business Ethics und Integrity Management tätig. Ziel der Kooperation ist es, Ergebnisse aus der Forschung für praxisrelevante Konzepte und Methoden fruchtbar zu machen. Im Fokus der Arbeit des Center for Business Compliance & Integrity steht das Thema „Compliance im Mittelstand“, da die Einhaltung gesetzlicher und regulatorischer Anforderungen sowie interner Regeln und Verhaltensstandards auch für mittelständische Unternehmen immer mehr an Bedeutung gewinnt. Die Anforderungen an Compliance für typisch mittelständische Unternehmen zu kennen ist somit entscheidend für ein erfolgreiches Compliance Management. Das CBCI ist bestrebt, diese herauszuarbeiten und damit der Frage einer angemessenen und wirksamen Governance-Struktur im Bereich Compliance für mittelständische Unternehmen nachzugehen. Dabei geht es zunächst darum, den Bedarf und die Mindestanforderungen an Compliance im Mittelstand zu beleuchten. Daraufhin soll ein entsprechendes Implementierungs- und Prüfungsmodell entwickelt werden, das die besonderen Herausforderungen, vor denen mittelständische Unternehmen stehen, berücksichtigt. Ziel des CBCI ist es, dabei sowohl wissenschaftliche als auch praxisorientierte Diskurse zu dieser Thematik zu initiieren und angemessene Methoden und Standards in diesem Bereich zu entwickeln.

Prof. Dr. Stephan Grüninger

Tel.: +49 (0)7531 206-251

E-Mail: stephan.grueninger@htwg-konstanz.de

Multistakeholder-Analyse

In dem Zeitraum vom 01. Mai 2015 bis 31. Oktober 2016 analysiert das KICG die Praxistauglichkeit der Forschungsergebnisse aus dem Vorläuferprojekt „Leitlinien für das Management von Organisations- und Aufsichtspflichten“ unter Einbeziehung relevanter Stakeholder und initiiert einen lebendigen Dialog zwischen den entscheidungstragenden Beteiligten eines (Wirtschafts-) Unternehmens. Das Forschungsprojekt „Multistakeholder-Analyse“ hat zum Ziel, eine intensive Auseinandersetzung mit den Forschungsergebnissen aus dem abgeschlossenen Forschungsprojekt „Leitlinien für das Management zu den Organi-

sations- und Aufsichtspflichten“ herbeizuführen. Dabei soll das Grundmaß der Erwartungen der Beteiligten herausgearbeitet, die Praxistauglichkeit der „Leitfäden zur Beurteilung der Organisations- und Aufsichtspflichten“ evaluiert und verifiziert sowie die Ergebnisse in einer Studie veröffentlicht werden. Für die Unternehmen ist es von erheblicher Bedeutung, im Bereich Compliance & Integrity verbindliche Regelungen zu erhalten. Dabei geht es nicht nur um die Ansprüche seitens des Gesetzgebers an die Unternehmen, sondern vielmehr auch um die Erwartungshaltung sämtlicher relevanter Stakeholder aus Wirtschaft, Politik/Verwaltung, Verbänden, NGOs. Hier setzt das interdisziplinäre Forschungsprojekt an und kann durch Einbeziehung relevanter Stakeholder die Handlungsempfehlungen kollektiv evaluieren. Durch die gemeinsame Erarbeitung von Lösungswegen steigt die Chance, dass die Projektergebnisse über einen längeren Zeitraum aktiv bleiben, ggf. erforderliche Anpassungen und Änderungen erfahren und im Idealfall zu einer verbindlichen Umsetzung oder Anwendung führen.

Prof. Dr. Stephan Grüninger

Tel.: +49 (0)7531 206-251

E-Mail: stephan.grueninger@htwg-konstanz.de

DEX Deutscher Ethik Index

Ziel dieses Kooperationsprojektes ist es, die Unternehmensethik insbesondere im deutschsprachigen Raum zu fördern. In einem ersten konkreten Umsetzungsprojekt sollen ein Gütesiegel „Erfolg mit Anstand“ und darauf aufbauend ein „DEX Deutscher Ethik Index“ entwickelt werden.

Prof. Dr. Annette Kleinfeld

Tel.: +49 (0)7531 206-404

E-Mail: annette.kleinfeld@htwg-konstanz.de

Interkulturelles Zentrum

An der Hochschule Konstanz wird das Interkulturelle Zentrum weiter etabliert, welches das Ziel hat, die Internationalität der Hochschule zu erhöhen und allen Beteiligten des Hochschulalltags interkulturelle Kompetenz als Basis für effiziente und

effektive Integrationsarbeit zu vermitteln. Bewährte Angebote der „Netzwerke für Studium und Beruf“ werden fortgeführt und sollen einen Beitrag dazu leisten, dass sich der Studienerfolg ausländischer Studierender erhöht und kulturelle Vielfalt vor Ort genutzt wird – nicht zuletzt in Hinsicht auf die Globalisierung der Arbeitswelt. Es werden Maßnahmen zur Ausbildung/Personalentwicklung durchgeführt und studentische Projekte initiiert. Als übergreifende Maßnahme wird das Zertifikat „Studium International“ etabliert, mit dem Studierende etwas Aktivitäten zur Vorbereitung auf eine internationale Berufstätigkeit nachweisen können.

Prof. Dr. Christian Krekeler

Tel.: +49 (0)7531 206-395

E-Mail: christian.krekeler@htwg-konstanz.de

PredTour – Predicting Tourism Movements

Die zeitliche und räumliche Konzentration von Touristenströmen belastet – insbesondere in den Sommerferien – touristische Infrastrukturen in der Bodenseeregion. Verschärfend hinzu kommt der ganzjährige Schweizer Shoppingtourismus. Das Projekt PredTour (Predicting Tourism Movements) soll die Besucherströme erfassen und lokale Verhaltenstendenzen voraussagen. Damit greift es ein spezifisches Problem der Bodenseeregion auf, deren touristische und verkehrstechnische Infrastrukturen durch (überwiegend deutschen) Erholungs- und dem Schweizer Shoppingtourismus doppelt belastet sind. Ziel des Projekts ist die Nutzung der vorhandenen Infrastruktur und die beiden Personenströme (Touristen/Einkaufende) besser in Einklang zu bringen. Zur Umsetzung werden zwei Teilziele verfolgt: (1) Die Erfassung der beiden heterogenen Ströme (technisch und inhaltlich), (2) die Vorhersage der infrastrukturellen Belastung sowie Vorschläge zur Nutzungsoptimierung unter Beachtung individueller Randbedingungen. Die Ergebnisse tragen dazu bei, spezifische Gegebenheiten im IBH-Raum länderübergreifend und nachhaltig zu verbessern, den Wirtschaftsraum zu stärken sowie ein längerfristiges Entwicklungspotential bereitzustellen.

Prof. Dr. Tatjana Thimm

Tel.: +49 (0)7531 206-145

E-Mail: tatjana.thimm@htwg-konstanz.de

Prof. Dr. Ralf Seepold

Tel.: +49 (0)7531 206-633

E-Mail: ralf.seepold@htwg-konstanz.de



Erfrischung gefällig?



Vom Praktikum bis zum Direkteinstieg.

Ingenieure

IT'ler

BWL'er

können bei uns EINTAUCHEN und
vielfältige Möglichkeiten entdecken.

Jetzt REINSPRINGEN! hansgrohe.com/studentisches



Talentschmiede

Kooperative Promotionen

Im Folgenden finden Sie drei der laufenden bzw. vor kurzem abgeschlossenen kooperativen Promotionen.

From Risk-Based Due Diligence to Risk-Based Transcultural Management. Menschenrechte und Politisches Risikomanagement Transnationaler Unternehmen

Steffi Gentner

Aufgrund der anhaltenden Instabilität der Weltwirtschaft, u.a. durch die Multiplikation neuer Krisenherde und angesichts fehlender politischer Lösungen für anhaltende Konflikte, stellt sich zum einen die Frage nach der gesamtgesellschaftlichen Verantwortung von Unternehmen im Rahmen der Polykontextualität gesellschaftlicher Gestaltungsaufgaben, und zum anderen, wie der Zugang für Unternehmen in risikosensible Märkte erleichtert werden kann. Insofern untersucht die Dissertation den für wirtschafts- und unternehmensethische Globalisierungsprozesse bedeutenden Zusammenhang zwischen verantwortungsvollem Stakeholdermanagement und politischem Risikomanagement. Ausgangspunkt ist hierbei die Erkenntnis, dass internationale anerkannte Menschenrechte, als Indikator einer common morality, einen politisch motivierten Prozess sozial-gesellschaftlichen Lernens widerspiegeln, der im jeweiligen historischen, politischen und kulturellen Kontext stattfindet und zur Realisierung egalitärer Werte beiträgt.

Im Kern geht es um die These, dass sich die effektive Wahrnehmung von Sorgfalts-

pflichten nicht auf eine legal compliance und nicht auf die Durchführung eines statistisch gestützten Risikomanagements beschränken kann, sondern es eines von moralischen Werten getriebenen risikobasierten transkulturellen Managements bedarf.

Relevanz besitzt diese Untersuchung für die Corporate Governance transnationaler Unternehmen, und sie leistet einen kritischen Beitrag zur aktuellen politischen Diskussion zur Implementierung der UN Guiding Principles on Business and Human Rights. Insbesondere geht es darum, dass Unternehmen den positiven und negativen Impact ihrer Transaktionen auf Menschenrechte kennen und kontrollieren auf der Basis einer systematischen Risk-Based Due Diligence.

Im menschenrechtsfundierten Ansatz werden somit Überlegungen eingespielt, die die Risiko-Indikatoren-Konzepte des risk-based Ansatzes auf eine neue Ebene normativer Referenzkriterien hebt. Ermöglicht wird dies durch einen synoptischen Vergleich globaler Sozialstandards, der zur Benennung global akzeptierter Prinzipien transkulturellen Managements führt.

Es wird skizzenhaft die Kompatibilität arabischer Menschenrechtsschemata mit dem vorgestellten Ansatz überprüft und aufgezeigt, wie das Management von Interkulturalität unterstützt werden kann, um im Umgang mit Risiken jenen bias aufnehmen zu können, der sich aus der Asymmetrie der involvierten Kulturen bei transnationalen Geschäftstätigkeiten ergibt.

Mit Blick auf die Governanceethik wird skizziert, wie durch die formale

Institutionalisierung mit einem in Governancestrukturen eingebetteten Wertemanagementsystem der vorgestellte Ansatz in Compliance- und Risikomanagementstrukturen mit aufgenommen werden kann – ein Grundstein für ein risikobasiertes transkulturelles Management. Die Arbeit ist interdisziplinär angelegt und leistet einen Beitrag zur Fortentwicklung der Neuen Institutionenökonomik.

Steffi Gentner studierte Internationale Beziehungen (M.A.) und Rechtswissenschaften (ohne Staatsexamen) an der Universität Tübingen, ihre Promotion schloss sie im April 2016 an der Universität Witten/Herdecke in Kooperation mit der HTWG Konstanz in Wirtschaftswissenschaften ab. Betreuer waren Prof. Dr. Birger Priddat und Prof. Dr. Josef Wieland. 2015/2016 leitete sie für ein Jahr das Büro der deutschen Nichtregierungsorganisation Humedica International Aid im Libanon. Sie war Mitglied des kooperativen Promotionskollegs der HTWG.

Perturbation and Intervals of Totally Nonnegative Matrices and Related Properties of Sign Regular Matrices

Mohammad Adm

Eine reelle Matrix wird zeichenfest genannt, wenn alle ihre Minoren gleicher Ordnung dasselbe Vorzeichen besitzen oder verschwinden; sie heißt total nichtnegativ bzw. total positiv, wenn ihre sämtlichen Minoren nichtnegativ bzw. positiv sind. Derartige Matrizen treten in einer

bemerkenswerten Vielzahl von Gebieten der Mathematik und ihren Anwendungen auf, so z. B. in den Differential- und Integralgleichungen, Funktionen-, Approximations- und Matrizen- und Kombinatorik, reductive Lie-Gruppen, Numerische Mathematik, Statistik, Computer Aided Geometric Design, Mathematische Finanzökonomie und Mechanik.

Eine große Anzahl von Arbeiten beschäftigt sich mit dem Problem zu entscheiden, ob eine gegebene quadratische Matrix n -ter Ordnung total nichtnegativ (positiv) ist. Man könnte jeden Minor der Matrix berechnen, aber das würde die Auswertung von ungefähr $4^n/\sqrt{\pi n}$ Unterdeterminanten der gegebenen Matrix erfordern. Die Frage erhebt sich, ob es eine geringere Anzahl von Minoren gibt, von deren Nichtnegativität bzw. Positivität auf die Nichtnegativität bzw. Positivität sämtlicher Minoren der Matrix geschlossen werden kann. In der vorliegenden Arbeit geben wir eine komprimierte Form des Cauchon-Algorithmus an, die ein effektives Kriterium für die totale Nichtnegativität einer Matrix ermöglicht, und leiten einen optimalen Determinantentest für den Nachweis der totalen Nichtnegativität her. Mit Hilfe dieses Testes lässt sich die Anzahl der zu untersuchenden Minoren auf nur n^2 reduzieren.

Lange Zeit wurde von dem Betreuer dieser Arbeit vermutet, dass jede Matrix aus einem Matrixintervall bezüglich der Schachbrett-Halbordnung regulär und total nichtnegativ ist, wenn die beiden Eckmatrizen des Intervalls diese Eigenschaft besitzen, d. h. die sogenannte Intervall-Eigenschaft gilt. Die Frage der Erhaltung der totalen Nichtnegativität einer Matrix bei Störung ihrer einzelnen Koeffizienten ist hiermit eng verknüpft. Die Vermutung wurde bestätigt für die total positiven Matrizen und einige Unterklassen der total nichtnegativen Matrizen. In der vorliegenden Arbeit beweisen wir die Vermutung und lösen das Problem der Erhaltung der totalen Nichtnegativität bei Störung einzelner Matrixkoeffizienten. Der Schlüssel zum Beweis der Vermutung ist der Sachverhalt, dass die Koeffizienten der Matrix, die mittels Anwendung des

Cauchon-Algorithmus auf eine reguläre und totalnichtnegative Matrix gewonnen wird, dargestellt werden können als Quotient zweier Minoren, die aus aufeinanderfolgenden Zeilen und Spalten der Ausgangsmatrix gebildet werden.

Verschiedene entsprechende Ergebnisse sind für die regulären total nichtpositiven Matrizen gültig, d. h. für Matrizen, deren sämtliche Minoren nichtpositiv sind. Mit Hilfe des Cauchon-Algorithmus leiten wir eine Charakterisierung dieser Matrizen und einen optimalen Determinantentest zu ihrer Erkennung her. Wir zeigen ferner, dass diese Matrizen und die regulären fast streng zeichenfesten (almost strictly sign regular) Matrizen, eine Unterklasse der zeichenfesten Matrizen, die Intervall-Eigenschaft besitzen. Diese und verwandte Resultate legen die (offene) Frage nahe, ob die Intervall-Eigenschaft auch allgemein für die regulären zeichenfesten Matrizen gilt.

Eine total nichtnegative bzw. positive Teilmatrix (partial matrix) ist eine Matrix, die sowohl spezifizierte als auch unspezifizierte Koeffizienten besitzt, wobei die Minoren, die nur aus spezifizierten Koeffizienten gebildet werden, sämtlich nichtnegativ bzw. positiv sind. Ein total nichtnegatives bzw. positives Vervollständigungsproblem (completion problem) fragt, welche total nichtnegativen bzw. positiven Teilmatrizen eine Wahl sämtlicher ihrer unspezifizierten Koeffizienten derart erlauben, dass die jeweilige vervollständigte Matrix total nichtnegativ bzw. positiv ist. Über das total nichtnegative Vervollständigungsproblem sind viele Ergebnisse bekannt; dieses ist einfacher zu lösen als das total positive Problem, über welches erst sehr wenige Resultate vorliegen. In dieser Arbeit geben wir neue Muster von total positiven Teilmatrizen an, welche eine total positive Vervollständigung erlauben. Diese Muster bestätigen teilweise zwei Vermutungen aus einer kürzlich erschienenen Arbeit von Johnson und Wei.

Ein Polynom heißt (Hurwitz-)stabil, wenn sämtliche seiner Nullstellen negativen Realteil besitzen. Derartige Polynome treten in vielen Gebieten auf, so z. B. in der Regelungstheorie und bei dynamischen

Systemen. Eine rationale Funktion wird eine R-Funktion von negativem Typ genannt, wenn sie die obere offene komplexe Halbebene auf die untere offene Halbebene abbildet. Mit den stabilen Polynomen und den R-Funktionen vom negativen Typ sind strukturierte Matrizen verknüpft, die wichtige Eigenschaften wie die der totalen Nichtnegativität besitzen. Umgekehrt können aus der totalen Nichtnegativität dieser Matrizen verschiedene Eigenschaften der zugrundeliegenden Polynome und rationalen Funktionen gefolgert werden. Wir verwenden diese Beziehungen, um neue und einfache Beweise für einige bekannte Sachverhalte anzugeben, Eigenschaften dieser strukturierten Matrizen zu beweisen und neue Ergebnisse für Intervallpolynome und „Intervall“-R-Funktionen vom negativen Typ herzuleiten.

Mohammad Adm erwarb 2011 seinen Master of Science in Mathematik an der University of Jordan, Amman. Seine von Prof. Dr. Jürgen Garloff (Professor an der HTWG sowie Prof. apl. an der Universität Konstanz) betreute Promotion wurde im Januar 2016 an der Universität Konstanz, Fachbereich Mathematik & Statistik, mit summa cum laude ausgezeichnet. Er war Stipendiat des DAAD. Seit Mai 2016 ist er Mitglied des Zukunftskollegs der Universität Konstanz und seit September 2016 Assistenzprofessor an der Fakultät für Angewandte Mathematik und Physik der Palästinensischen Polytechnischen Universität in Hebron. Das Jahr 2017 wird er als postdoc an der Universität in Regina, Kanada, verbringen.

Wahrnehmungsorientierte optische Inspektion von texturierten Oberflächen

Michael Grunwald

Die optische Inspektion von Oberflächen spielt in vielen produzierenden Branchen eine wichtige Rolle. Im Unterschied zur visuellen Inspektion durch einen Menschen kann eine maschinelle Inspektion innerhalb des Produktionsprozesses erfolgen, auch unter für den Menschen

ungeeigneten Umgebungsbedingungen. Heutige optische Inspektionssysteme detektieren üblicherweise Abweichungen zu einer gegebenen Referenz. Bei der Beurteilung der maschinell detektierten Defekte wird die menschliche Wahrnehmung nicht berücksichtigt. Jedoch ist speziell bei der Fertigung von ästhetischen Produkten eine Inspektion nach Maßgabe der menschlichen Wahrnehmung wünschenswert. Hier können Fehler oftmals solange toleriert werden, bis diese von einem Menschen wahrgenommen werden. Das bedeutet, dass nicht jeder Fehler zu einem Stopp der Produktion führen muss.

Verschärft wird die Problematik durch systematische Fehler. Diese Fehler treten kontinuierlich auf, wirken sich aber erst negativ auf die Produktionsqualität aus, wenn sie auch vom Menschen wahrgenommen werden. Ein Beispiel sind moderne Digitaldruckanlagen, die vermehrt im industriellen Umfeld für die Produktion von ästhetischem Dekordruck eingesetzt werden. Verglichen mit konventionellen Druckverfahren erlaubt das digitale Verfahren den Herstellern eine Reduktion der minimalen Produktionsmengen bis hin zu individuellen Einzelerzeugnissen sowie eine Erweiterung der Dekorvielfalt. Jedoch stellen diese Vorteile und die typischen Fehler auch besondere Anforderungen an die Inspektion. In der Regel werden für den Dekordruck Single-Pass Inkjet-Digitaldruckanlagen eingesetzt, die die Farbe über Düsen in Tropfenform auf die zu bedruckende Oberfläche aufbringen. Eine zwei Meter breite Digitaldruckanlage, welche beispielsweise für die Produktion von Laminatfußboden eingesetzt wird, verfügt über etwa 400.000 Druckdüsen, von denen jede einzelne Düse eine potenzielle Fehlerquelle darstellt. Innerhalb des meist reproduktiven Prozesses – dem wiederholten Druck eines mit dem Kunden abgestimmten Musters – muss die Ähnlichkeit zur ursprünglichen Referenz beurteilt und müssen detektierte Abweichungen unter Berücksichtigung der Sichtbarkeit für den Menschen bewertet werden.

Im Rahmen des Promotionsprojekts Texture Analysis for Machine Visi-

on Tasks werden die Möglichkeiten für eine menschlich inspirierte Inspektion von texturierten Oberflächen erforscht. Untersucht wird die Beschreibung von Texturen durch statistische Modelle, mit einer möglichst geringen Anzahl an aussagekräftigen Parametern. Um den Inspektionsprozess von vornherein nur auf visuelle Merkmale zu stützen, orientiert sich das Texturmodell an frühen Verarbeitungsprozessen im menschlichen Sehsystem. Signifikante Abweichungen in den Texturmerkmalen zweier Texturen werden zur Detektion von Defekten verwendet und mit Methoden des maschinellen Lernens automatisch klassifiziert. Hierfür werden Supportvektormaschinen und auch neuronale Ansätze aus dem Bereich „Deep Learning“ untersucht. Neben der Grundlage für die Klassifikation dient das Texturmodell als Basis für die Bestimmung der Ähnlichkeit bzw. der Sichtbarkeit von Defekten. Obwohl für die maschinelle Erkennung von Abweichungen ähnliche Merkmale wie der Mensch zur Detektion von Texturdefekten verwendet werden, ist damit noch nicht sichergestellt, dass diese von Menschen und Maschine auf die gleiche Weise bewertet werden. Da es derzeit noch kein korrektes Modell der menschlichen Wahrnehmung von Texturen gibt, werden hierfür psychophysische Untersuchungen mit Versuchspersonen durchgeführt: Im Rahmen der Experimente wird jeweils die Reaktion von Beobachtern auf eine Änderung bestimmter statistischer Merkmale des Texturmodells erfasst. Ziel ist es, die durch die Maschine detektierten Defekte um eine oder mehrere Kennzahlen zu ergänzen, die die Sichtbarkeit der Defekte für menschliche Beobachter quantifiziert.

Michael Grunwald ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Optische Systeme Konstanz (IOS) und Mitglied des Kooperativen Promotionskollegs der HTWG Konstanz. Er promoviert in Kooperation mit der Arbeitsgruppe Neuronale Informationsverarbeitung der Universität Tübingen. Die Promotion wird von Prof. Dr. Matthias O. Franz (IOS) und Prof. Felix Wichmann, DPhil (NIP, Univer-

sität Tübingen) betreut. Gefördert wird sie durch die Firma Baumer Inspection GmbH.